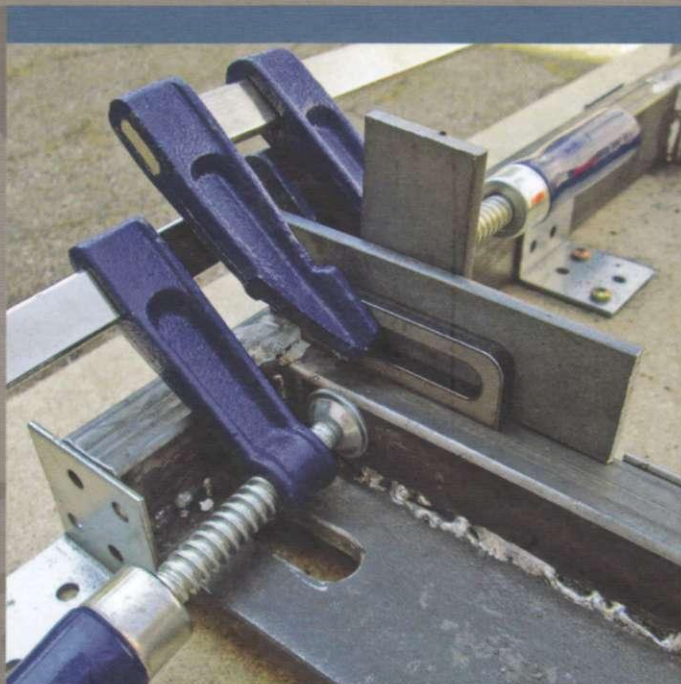


621.791

0-35  
50

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

Учебник



В. В. Овчинников



**ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ  
И СБОРОЧНЫЕ  
ОПЕРАЦИИ  
ПЕРЕД СВАРКОЙ**

**В. В. ОВЧИННИКОВ**

# **ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ И СБОРОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ ПЕРЕД СВАРКОЙ**

**УЧЕБНИК**

*Рекомендовано*

*Федеральным государственным автономным учреждением  
«Федеральный институт развития образования» в качестве  
учебника для использования в образовательном процессе  
образовательных организаций, реализующих программы  
среднего профессионального образования по профессии  
«Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))»*

*Регистрационный номер рецензии 346  
от 22 сентября 2017 г. ФГАУ «ФИРО»*

3-е издание, стереотипное



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2019

УДК 621.791(075.32)  
ББК 34.641я722  
О-355

Рецензент —  
доцент кафедры «Менеджмент» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ), канд. техн. наук *В. В. Григоренко*

**Овчинников В. В.**

О-355 Подготовительные и сборочные операции перед сваркой : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. В. Овчинников. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2019. — 192 с.  
ISBN 978-5-4468-8120-8

Учебник подготовлен в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по профессии из списка ТОП-50 «Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))».

Учебное издание предназначено для изучения профессионального модуля «Подготовительные и сборочные операции перед сваркой».

Рассмотрены слесарные операции, применяющиеся при подготовке неметаллических поверхностей изделий к сварке, виды слесарного инструмента, приспособлений и оборудования, типы сварных соединений и швов и их характеристики, а также способы и приемы выполнения сборочных операций отдельных деталей и изделий в целом под сварку и контроль за их качеством. Даны рекомендации по организации рабочего места и безопасным приемам труда при сварочных работах.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621.791(075.32)  
ББК 34.641я722

~~БНИИ ИББ~~  
Издательство данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Овчинников В. В., 2018  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2018  
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2018  
ISBN 978-5-4468-8120-8

## Уважаемый читатель!

Вы держите в руках учебник, который был подготовлен Издательским центром «Академия» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) в рамках реализации комплексного проекта подготовки кадров по 50 наиболее востребованным на рынке труда, новым и перспективным профессиям и специальностям среднего профессионального образования.

Одной из задач проекта является обновление содержания профессионального образования с учетом профессиональных стандартов, современных методик и технологий. При разработке ФГОС также учитывались требования международных конкурсов профессионального мастерства, включая чемпионаты «Молодые профессионалы» (WorldSkills и WorldSkills Russia).

Издательский центр «Академия» является лидером по выпуску учебных материалов для СПО в Российской Федерации. Более двадцати лет наши издания помогают студентам овладевать знаниями, умениями и навыками по рабочим профессиям и специальностям. Стремясь идти в ногу со временем, издательство предлагает не только печатные издания, но и электронные учебники, электронные учебно-методические комплексы и виртуальные практикумы.

Интерактивная форма подачи информации с учетом последних методик и тенденций в преподавании — отличительная особенность и визитная карточка Издательского центра «Академия» на российском рынке.

Мы надеемся, что данный учебник будет полезен студентам, облегчит задачу преподавателей, а также поможет специалистам, которые стремятся расти и развиваться в выбранной ими области, достичь новых профессиональных вершин.

## Предисловие

Любые сварочные работы — это сложный технологический процесс, который требует специальной подготовки и обработки металла. Первым этапом такой подготовки является заготовка, при необходимости — нарезка элементов и деталей. Второй этап — зачистка мест сварки от грязи, пыли, обезжиривание поверхности. Для такой подготовки металла следует применять специальное оборудование (например, всевозможные виды ножниц для металла, гильотины, труборезы и др.). Могут применяться трубогибы и оборудование для строгания кромок свариваемого металла.

Перед сваркой детали должны быть соответствующим образом собраны и зафиксированы. При этом должны быть обеспечены требования к точности сборки деталей по величине зазора в стыке и смещению кромок относительно друг друга.

Подготовительные и сборочные работы представляют собой комплекс операций, во многом определяющих качество сварного соединения, поэтому к их выполнению при производстве сварных конструкций следует относиться весьма тщательно.

Точность подготовки деталей к сварке, их чистота и качество сборки оказывают существенное влияние на несущую способность и экономичность сварной конструкции. Недостаточно тщательное выполнение заготовительных и сборочных операций приводит к появлению дефектов и в сварных соединениях, и в конструкции в целом. Анализ дефектов, возникающих при сварке, показывает, что значительную долю брака следует отнести за счет плохого качества подготовки и сборки. Исправление брака в готовом изделии не всегда приводит к полному восстановлению заданных свойств сварного соединения и является трудоемкой и технически сложно выполнимой операцией.

Отсюда очевидно, что значительно рациональнее устранять дефекты, появившиеся при заготовке и сборке, до проведения операции сварки.

# ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА ПОД СВАРКУ

## 1.1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА СЛЕСАРЯ

Оборудование слесарных мастерских подразделяется на оборудование индивидуального и общего пользования.

К **оборудованию индивидуального пользования** относят верстаки, к **оборудованию общего пользования** — сверлильные и простые заточные станки, винтовые прессы, рычажные ножницы, поверочные и разметочные плиты, плиты для правки.

**Рабочим местом** называется определенный участок производственной площади, закрепленный за данным рабочим и оснащенный необходимыми оборудованием, инструментом, приспособлениями, вспомогательными устройствами и принадлежностями.

Рабочее место слесаря состоит из верстака, на котором установлены тиски. Столешницу верстака покрывают стальным листом толщиной 1...2 мм и окантовывают бортиком, чтобы с нее не скатывались детали. Верстаки должны быть прочными и устойчивыми. Под столешницей находятся выдвижные ящики, разделенные на ряд ячеек для хранения инструмента, мелких деталей и документации.

**Верстаки.** Слесарные верстаки бывают одноместными и многоместными. **Одноместные** верстаки имеют длину 1 000...1 200 мм, ширину 700...800 мм, высоту 800...900 мм, а **многоместные** — длину в зависимости от числа работающих, а ширину ту же, что и одноместные верстаки. Более удобны для слесарных работ одноместные верстаки.

Для того чтобы слесарь мог регулировать высоту тисков в соответствии со своим ростом, верстаки делают с регулируемыми по высоте ножками или с устанавливаемыми по высоте тисками. В первом случае ножки выполняются на винтах, вращая которые можно поднимать и опускать верстак.

На рис. 1.1 показан вариант конструкции верстака с регулируемыми по высоте тисками. На каркасе 2 верстака прочно закреплена толстостенная труба с резьбой, внутрь которой входит стальной

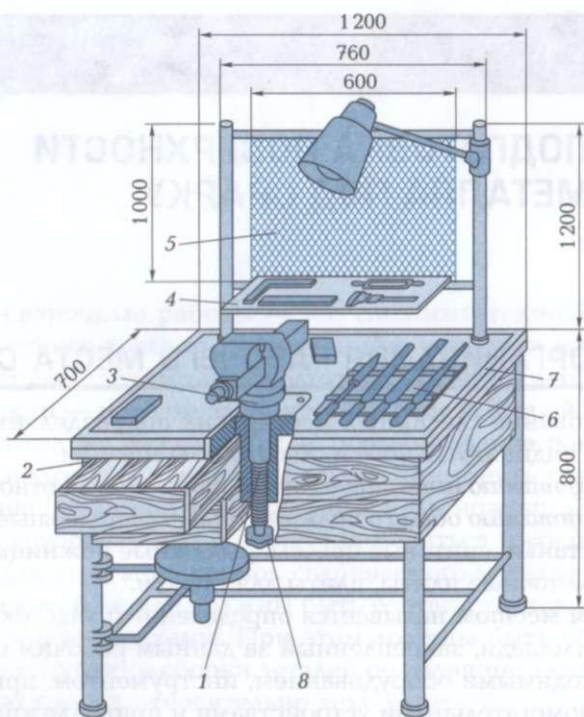


Рис. 1.1. Слесарный верстак с регулируемыми по высоте тисками:

1 — регулирующий винт; 2 — каркас; 3 — хвостовик тисков; 4 — полочка для измерительного инструмента; 5 — защитный экран; 6 — планшет для рабочего инструмента; 7 — планки-бортики; 8 — маховичок

хвостовик 3, прочно соединенный с основанием тисков. Тиски поднимают на необходимую высоту вращением ручки маховичка 8, закрепленного на винте, и прочно закрепляют фиксатором. Правильный выбор высоты тисков, соответствующей росту работающего, влияет на точность слесарной обработки и предупреждает преждевременное утомление. Например, для выполнения опилочных работ выбор высоты установки тисков будет правильным в том случае, если локоть правой руки, согнутый под углом  $90^\circ$ , будет находиться на уровне губок тисков (рис. 1.2, а) или если при постановке локтя руки на губки тисков концы вытянутых пальцев коснутся подбородка (рис. 1.2, б). На рис. 1.2, в показана правильная высота стуловых тисков при рубке.

**Тиски.** Слесарные тиски являются основным приспособлением рабочего места слесаря. Они служат для установки и закрепления



заготовок в удобном для обработки положении и состоят из корпуса и двух зажимных губок. Тиски устанавливают на верстаках и используют при различных слесарных работах: параллельные поворотные — при выполнении более сложных точных работ, не связанных с сильными ударами по заготовке; параллельные неповоротные и ступовые — при рубке, гибке, правке и других видах обработки с ударными нагрузками; ручные — для закрепления небольших заготовок, если их неудобно или опасно держать руками.

**Параллельные поворотные тиски** (рис. 1.3) состоят из плиты-основания 1, поворотной части 2 с неподвижной губкой 6, подвижной губки 4 со сквозным прямоугольным вырезом, в котором находятся гайка и зажимной винт 7. Перемещение подвижной губки осуществляется вращением рукоятки 3 винта. Для поворота тисков на требуемый угол по круговому Т-образному пазу в основании тисков перемещается болт с рукояткой 8, с помощью которой поворотная часть прижимается к основанию 1. Для увеличения срока службы тисков к рабочим поверхностям губок привертывают

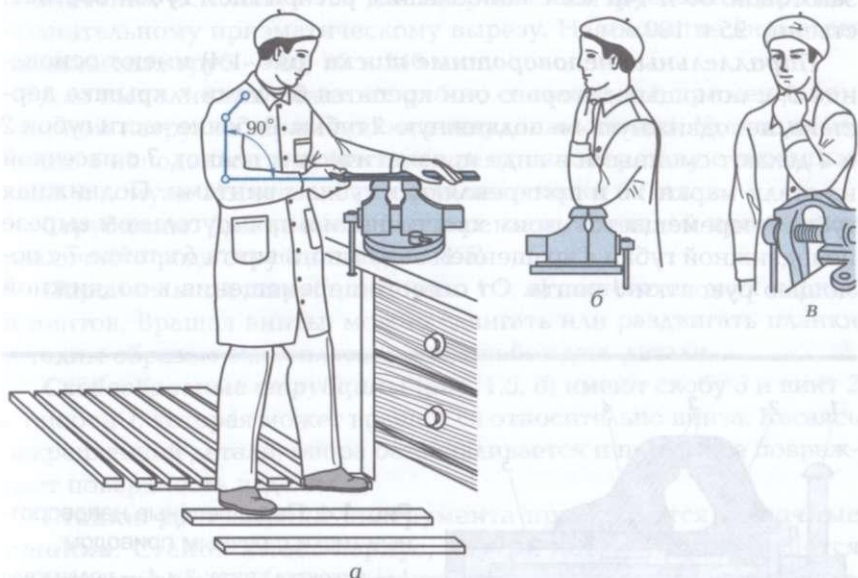


Рис. 1.2. Высота установки тисков:

*а* — при опиливании; *б* — при рубке в параллельных тисках; *в* — при рубке в ступовых тисках



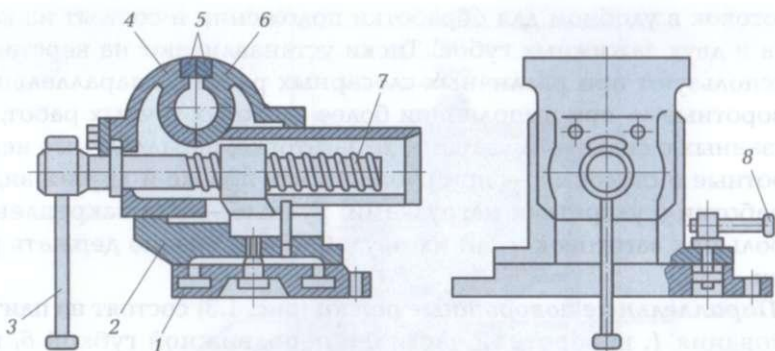


Рис. 1.3. Параллельные поворотные тиски:

1 — плита-основание; 2 — поворотная часть; 3 — рукоятка винта; 4 — подвижная губка; 5 — планки; 6 — неподвижная губка; 7 — зажимной винт; 8 — рукоятка

стальные термически обработанные планки 5 с крестообразной насечкой. Тиски на столешнице верстака укрепляют болтами через отверстия в плите-основании. Размеры слесарных тисков определяются шириной губок и раскрытием — разводом их для зажима заготовок: 80 и 140 мм с наибольшим раскрытием губок соответственно 95 и 180 мм.

**Параллельные неповоротные тиски** (рис. 1.4) имеют основание 6, с помощью которого они крепятся болтами к крышке верстака, неподвижную 4 и подвижную 2 губки. Рабочие части губок 2 и 4 делают сменными в виде призматических планок 3 с насечкой из стали марки У8 и прикрепляют к губкам винтами. Подвижная губка 2 перемещается своим хвостовиком в прямоугольном вырезе неподвижной губки 4 вращением зажимного винта 5 в гайке 7 с помощью рукоятки 1 винта. От осевого перемещения в подвижной

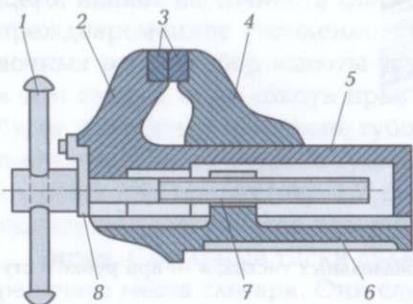


Рис. 1.4. Параллельные неповоротные тиски с ручным приводом:

1 — рукоятка винта; 2 и 4 — подвижная и неподвижная губки соответственно; 3 — призматические планки; 5 — винт; 6 — основание; 7 — гайка; 8 — стопорная планка

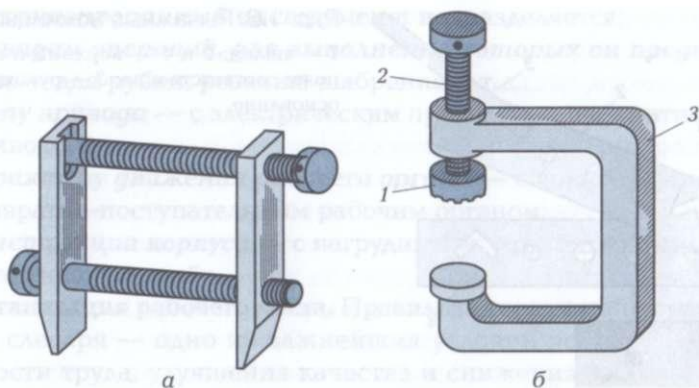


Рис. 1.5. Струбцины:

*а* — параллельная; *б* — скобообразная; 1 — опора; 2 — винт; 3 — скоба

губке зажимной винт удерживается стопорной планкой 8. Ширина губок неповоротных тисков — 80 и 140 мм с наибольшим раскрытием губок соответственно 95 и 180 мм.

**Тиски с дополнительными губками для труб** кроме общего назначения используются для закрепления труб благодаря дополнительному призматическому вырезу. Наибольшие диаметры зажимаемых труб — 60; 70 и 140 мм.

Для выполнения тяжелых работ, связанных с применением ударной нагрузки, применяются **стуловые тиски**. Удлиненным концом неподвижной губки они крепятся к верстаку с помощью лапы и хомута. Изготавливают стуловые тиски из стали.

**Струбцины.** Для временного скрепления деталей применяют различного рода струбцины (рис. 1.5).

**Параллельная струбцина** (рис. 1.5, *а*) состоит из двух планок и винтов. Вращая винты, можно сдвигать или раздвигать планки и таким образом закреплять или высвобождать детали.

**Скобообразные струбцины** (рис. 1.5, *б*) имеют скобу 3 и винт 2 с опорой 1, которая может вращаться относительно винта. Касаясь закрепленной детали, опора останавливается и потому не повреждает поверхность изделия.

**Станки.** Для заточки инструмента применяются **заточные станки**. Станок имеет корпус, внутри которого размещается электродвигатель. На его валу устанавливаются абразивные круги, защищенные кожухом. Односторонние заточные станки имеют один круг, двусторонние — два круга, установленных на оба конца вала. Перед установкой круг проверяется путем наружного

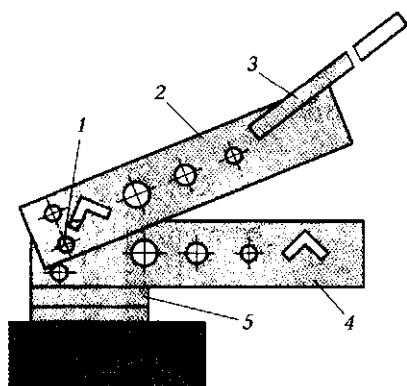


Рис. 1.6. Рычажные ножницы:  
 1 — палец; 2 и 4 — верхний и нижний  
 ножи соответственно; 3 — рукоятка; 5 —  
 основание

осмотра и простукивания деревянным молотком. Круг не должен иметь внешних дефектов. При наличии трещин он издает глухой дребезжащий звук. Круги диаметром более 125 мм испытываются при скорости, превышающей рабочую скорость на 50 %.

**Ножницы.** *Рычажные ножницы* (рис. 1.6) применяют для резки листового материала, круглых прутков и угольников. Они состоят из двух плоских ножей: верхнего 2 и нижнего 4. Верхний нож имеет рукоятку 3. Ножи соединены между собой шарнирно с помощью пальца 1. Круглый прутковый материал и угольники вставляются в соответствующие отверстия ножей 2, 4, и с помощью нажима на рукоятку 3 производится их разрезание.

Для размещения заготовок и деталей, приспособлений и инструмента, вспомогательных материалов устанавливают инструментальные шкафы, стеллажи, столы и тару для заготовок (деталей) и стружки.

**Рабочий инструмент.** При выполнении слесарных работ слесарь пользуется разнообразным рабочим инструментом. Слесарный инструмент классифицируется на ручной и механизированный.

**Ручной инструмент** подразделяется на следующие виды:

- **режущий** — зубило, крейцмейсель, напильник, ножовка, шабер, сверло, развертка и т.д.;
- **вспомогательный** — слесарные и рихтовальные молотки, кернер, чертилка, разметочный циркуль и др.;
- **слесарно-сборочный** — отвертка, гаечный ключ, плоскогубцы и т.д.;
- **измерительный и поверочный** — линейка, штангенциркуль, угольник, лекальная линейка, угломер и др.

**Механизированный инструмент** подразделяется:

- **по видам операций, для выполнения которых он предназначен**, — для рубки, резания, шабрения и т. д.;
- **типу привода** — с электрическим приводом, с пневматическим приводом;
- **характеру движения рабочего органа** — с вращательным или возвратно-поступательным рабочим органом;
- **конструкции корпуса** — с нагрудником, с рукояткой, пистолетного типа, угловой.

**Организация рабочего места.** Правильная организация рабочего места слесаря — одно из важнейших условий роста производительности труда, улучшения качества и снижения себестоимости выпускаемой продукции.

Рабочее место слесаря должно быть оснащено высокопроизводительными оборудованием, инструментом, приспособлениями, подъемно-транспортными средствами и различными вспомогательными устройствами.

В зависимости от квалификации слесаря и содержания основных работ организация рабочего места может быть различной. Так, рабочее место слесаря-ремонтника оборудовано испытательными устройствами, приспособлениями для ремонта деталей, рабочее место слесаря-инструментальщика — это в основном верстак и лекальные тиски; рабочее место слесаря-сборщика зависит от характера производства. В единичном производстве рабочее место сборщика оснащено универсальными оборудованием, инструментом и приспособлениями. В условиях массового производства на рабочем месте находятся узкоспециализированные оборудование, инструмент и приспособления.

От порядка на рабочем месте, правильного размещения инструмента в значительной степени зависит производительность труда. Организация рабочего места слесаря как раз и означает такое продуманное и рациональное размещение инструмента и материалов на верстаке, при котором слесарные работы требуют наименьших затрат энергии и времени.

Приведем **основные правила организации рабочего места.**

1. Инструмент, которым приходится пользоваться чаще, нужно располагать близко, а которым реже — дальше.

2. Раскладывать инструмент на верстаке следует в определенном порядке: инструмент, который берут правой рукой (напильник, молоток, шабер и т. д.), располагают справа от тисков, а инструмент, который берут левой рукой (зубило, крейцмейсель, кернер и др.), — слева.

3. Точный контрольно-измерительный инструмент нужно размещать на специальной подставке в средней части верстака.

4. Чертежи, технологические карты и иные документы, по которым производится работа, следует располагать на наклонных подставках или в другом удобном для пользования месте, защищенном от загрязнения.

5. Используя инструмент, необходимо сразу же положить его на место. Нельзя класть инструмент на инструмент или на какие-либо предметы. Режущий инструмент с мелкими зубьями (напильники) следует класть на деревянную подставку, которая предохраняет его от преждевременного износа.

Хранить инструмент, приспособления и материалы нужно в различных ящиках или ячейках. Точный измерительный и режущий инструменты хранят в особых футлярах или ящиках. Притирочные приспособления и доводочно-смазочные материалы должны храниться отдельно от измерительного инструмента, так как частицы оксида хрома, железа могут вызвать его коррозию.

Рабочее место слесаря должно быть оснащено средствами механизации: электрическим и пневматическим инструментами, настольными станками, а при необходимости — подъемными и транспортирующими механизмами.

Перед выполнением слесарных операций по изготовлению той или иной детали слесарь должен внимательно ознакомиться с ее чертежом и другими технологическими документами, подогнать высоту верстака или тисков в соответствии со своим ростом. По чертежу следует выяснить, какие материалы и металлы потребуются обрабатывать и с какой точностью. Знание материала и последовательности операций позволит правильно подобрать режущий и контрольно-измерительный инструменты. Это дает возможность хорошо подготовить рабочее место, получить до начала работы весь необходимый инструмент.

Основное требование к рациональной организации труда слесаря — иметь под руками весь нужный инструмент и материалы, чтобы не приходилось отвлекаться во время работы и не делать лишних движений. На рабочем месте должно находиться только то, что необходимо для выполнения конкретного задания.

Образцовый порядок в хранении инструмента на рабочем месте — важное условие правильной организации труда слесаря. Небрежное обращение с инструментом и оборудованием может стать причиной его преждевременного выхода из строя, а также привести к несчастному случаю при работе, поэтому на рабочем месте необходимо создать удобную систему для хранения инструмента.

Молотки, зубила, крейцмейсели, гаечные ключи следует держать отдельно от сверл, плашек, метчиков, штангенциркулей, микрометров.

Слесарь должен поддерживать культуру труда, что способствует сохранению инструмента и улучшению качества деталей. Нельзя, например, надевать трубу на рукоятку тисков для усиления зажима в них обрабатываемой детали; нельзя ударять с этой же целью молотком или другими предметами по рукоятке тисков; нельзя измерять детали, нагретые в процессе обработки. При выполнении слесарных операций следует поддерживать порядок и чистоту на рабочем месте. По окончании работы слесарь должен не только привести в порядок инструмент и приспособления, но и тщательно убрать рабочее место, удалить отходы, стружку, при необходимости смазать ходовой винт и гайку тисков. Весь измерительный инструмент нужно тщательно протереть чистой ветошью, смоченной в бензине, затем смазать техническим вазелином и поместить в соответствующие отделения в ящиках верстака или шкафу.

## 1.2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ПОДГОТОВКЕ МЕТАЛЛА К СВАРКЕ

**Безопасные условия труда** — это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение получения рабочим травм различной тяжести. Несчастные случаи на производстве чаще всего происходят в результате недостаточного усвоения работающими производственных навыков и отсутствия опыта в обращении с инструментом и оборудованием. Сознательное отношение к мерам предосторожности, знание своего дела, оборудования, приспособлений, приемов работы и умение правильно организовать рабочее место создают условия для безопасного и высокопроизводительного труда.

Под слесарный производственный участок отводится помещение, достаточное для размещения в нем верстаков по числу работающих и другого оборудования при условии, что будут обеспечены проходы и проезды, необходимые для свободного перемещения работающих и передвижения внутреннего транспорта. Все производственные помещения должны иметь исправные перекрытия, стены и ровные нескользкие полы. Все оборудование должно быть исправным. Движущиеся части, находящиеся снаружи, следует ограждать кожухами, щитами, сетками, крышками.



Верстак должен иметь жесткую и прочную конструкцию, исключая возможность качки при работе. На нем не должно быть выступающих кромок и острых углов. Слесарные тиски должны быть надежно зафиксированы. Поскольку при работе возможно отлетание частиц стружки, отламывающихся частей режущего инструмента, то для предохранения работающих устанавливаются защитные экраны. Их минимальная высота 0,8 м. На многоместных верстаках защитные экраны ставятся между тисками.

Слесарь должен соблюдать следующие требования безопасной работы.

**Перед началом работы** необходимо:

- привести в порядок специальную одежду: застегнуть обшлага рукавов, подобрать волосы под плотно облегающий головной убор (косынку, берет), не работать в легкой обуви (тапочках, босоножках);
- организовать рабочее место, чтобы все необходимое для выполнения задания было под рукой;
- проверить достаточность освещенности рабочего места (о перегоревших лампочках сообщить мастеру и потребовать их замены);
- проверить рабочий инструмент:
  - ✓ молотки должны быть насажены на рукоятки из дерева твердых и вязких пород, расклиненные металлическими клиньями;
  - ✓ гаечные ключи должны быть исправными и соответствовать размерам болтов и гаек;
  - ✓ запрещается наращивать рукоятки ключей другими предметами;
  - ✓ зубила, молотки, обжимки и кернеры не должны иметь сбитых и скошенных бойков и заусенцев;
  - ✓ режущий инструмент (сверла, шаберы, зубила и др.) должен быть хорошо заточен и заправлен;
  - ✓ напильники и ножовки должны иметь плотно насаженные деревянные рукоятки с металлическими кольцами;
- при получении из кладовой дрели с электрическим приводом убедиться в ее исправности (изоляция шлангового провода, штепсельная вилка, провод заземления и др.). При работе от сети с напряжением более 36 В обязательно пользоваться резиновыми перчатками и резиновым ковриком;
- проверить наличие заземления на сверлильном станке;
- о всех обнаруженных неисправностях оборудования и инструмента сообщить мастеру и до его указания к работе не приступать.

**Во время работы** следует:

- пользоваться только исправным инструментом, предусмотренным для данной работы;
- не класть инструменты друг на друга и на другие предметы;
- работая с абразивным кругом на заточном станке, пользоваться защитными очками или защитным экраном;
- не останавливать вращающийся режущий инструмент руками или каким-либо предметом;
- рубку металла в тисках производить только при наличии на верстаке защитной сетки или экрана;
- не поднимать тяжелые детали, не сдвигать их на край верстака;
- во время рубки и сверления надевать защитные очки;
- работы с применением кислот, щелочей, флюсов, а также связанные с выделением пыли, дыма и газов выполнять в хорошо проветриваемом помещении или под вытяжным колпаком;
- не сдувать опилки, не смахивать стружку рукой, пользоваться для этих целей щеткой-сметкой;
- при получении мелких травм обязательно обработать рану настойкой йода и наложить бинт;
- не работать на сквозняках;
- надежно закреплять заготовку в слесарных тисках и других приспособлениях;
- поддерживать чистоту и порядок на рабочем месте.

**По окончании работы** необходимо:

- привести рабочее место в порядок, очистить тиски и верстак от опилок и стружки;
- уложить инструмент, приспособления и материалы на соответствующие места;
- после работы с применением масла, смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС), кислот и клеев обязательно вымыть руки горячей водой с мылом. **З а п р е щ а е т с я** мыть руки в масле, керосине, бензине и вытирать их концами обтирочного материала, загрязненного стружкой и металлическими опилками;
- весь замасленный обтирочный материал собрать и сложить в специально выделенное в мастерских место, так как он склонен к самовозгоранию и может служить очагом возникновения пожара;
- сдать рабочее место производственному мастеру, сообщить ему о всех замеченных неисправностях.

Более подробные требования к безопасности условий труда приводятся при рассмотрении конкретных слесарных операций.

### 1.3. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ СЛЕСАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ МЕТАЛЛА К СВАРКЕ

---

**Правка пластин.** *Правка* — слесарная операция по обработке металлов давлением в целях устранения на заготовках и деталях вмятин, выпучин, волнистостей, искривлений, короблений и других дефектов. Это подготовительная операция, предшествующая дальнейшей технологической обработке заготовки.

Правка осуществляется при холодном или горячем состоянии заготовки (при больших ее сечениях) ручным или машинным способом.

Горячая правка производится при температуре 850... 1 100 °С для стальных заготовок, 350... 470 °С — для заготовок из дюралюминия. Нагрев ранее указанных температур приводит к перегреву и к пережогу заготовок. Правке подвергают только пластичные металлы и сплавы.

**Рихтовка** — слесарная операция по правке закаленных деталей, а также деталей, изогнутых через ребро жесткости. Устранение дефектов при рихтовке происходит за счет растяжения (удлинения) той или иной части металла детали. Рихтовка обычно выполняется ударами носком молотка или специальным **рихтовальным молотком** по детали, при этом используются *рихтовальные бабки*. Рабочая часть поверхности рихтовальной бабки может быть цилиндрической или сферической формы с радиусом закругления 150... 200 мм. Точность рихтовки достигает 0,05 мм.

Ручная правка выполняется на стальных или чугунных *правильных плитах*, имеющих ровную и чистую рабочую поверхность. Самые распространенные размеры плит, мм: 400 × 400, 750 × 1 000, 1 000 × 1 500. Устанавливают плиты на металлические или деревянные подставки высотой 800... 900 мм. Мелкие детали правят на наковальнях.

В качестве инструмента для ручной правки используют:

- слесарный молоток с круглым полированным бойком (молоток с квадратным бойком оставляет на заготовке вмятины);
- молотки со вставными бойками из мягких металлов — меди, свинца, а также дерева;
- деревянные молотки (киянки);
- гладилки (деревянные или металлические бруски). Для правки закаленных деталей применяют рихтовальные молотки с радиусными бойками массой 400... 500 г.

Молотки со вставными бойками из мягких металлов применяют при правке деталей с окончательно обработанной поверхностью и деталей или заготовок из цветных металлов и сплавов, а гладилки и киянки — для правки тонкого листового и полосового металла и сплавов.

Кривизну заготовок проверяют визуально или по зазору между плитой и уложенной на нее заготовкой. Изогнутые места отмечают мелом. Для более точного контроля используют линейку и щуп.

Ручная правка основана на растяжении менее деформированных участков металла. Рассмотрим некоторые **приемы правки** различных заготовок и деталей.

Правку полосового металла производят на правильной плите или наковальне. Простейшей является правка металла, изогнутого по плоскости. В этом случае молотком наносят сначала сильные удары по наиболее выпуклым местам полосы, а затем по мере их распрямления уменьшают силу ударов.

Более сложный процесс — правка металла, изогнутого по ребру. Если в первом случае правка заключается в простом выравнивании полосы, то здесь прибегают к деформированию части металла растяжением, т. е. удары наносят в местах наиболее сжатых слоев полосы.

Правку полос, изогнутых по ребру, выполняют путем рихтовки. В таких случаях сильные удары наносят носком молотка в целях односторонней растяжки (удлинения) места изгиба; удары следует наносить от места растяжки на плоскости к краям полосы.

Правку полос, имеющих скрученный изгиб, рекомендуется производить путем раскручивания. Для этого один конец заготовки зажимают в слесарные тиски, а на другом конце закрепляют ручные тисочки. Затем рычагом выпрямляют спиральную кривизну.

Правка прутка выполняется на плите или наковальне. Пруток укладывают размеченной поверхностью на плиту изогнутостью вверх. Удары молотком наносят по выпуклой части, регулируя силу удара с учетом диаметра прутка и величины изгиба. По мере выравнивания изгиба силу удара уменьшают. Заканчивают правку легкими ударами молотка и поворачиванием прутка вокруг его оси. Если пруток имеет несколько изгибов, то сначала правят ближайшие к концам, затем расположенные в середине.

Пруток круглого сечения можно править с применением двух призм. Удары наносят по выпуклым частям прутка. В конце правку заканчивают на плите.

Прутки и валы можно править наковалом. Вал укладывают на плиту изогнутостью вниз, а затем небольшим молотком наносят

УДК 62-50  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

частые и легкие удары по его поверхности. После возникновения на поверхности наклепанного слоя просвет между валом и плитой исчезает и правку прекращают.

Безударная (термическая) правка применяется для профильного металла: уголка, швеллера, тавра, а также пустотелых валов. Выпуклую часть металла разогревают до вишнево-красного цвета, а окружающие выпуклость слои охлаждают сырым асбестом или мокрой ветошью. Поскольку нагретый металл более пластичный, то при охлаждении струей сжатого воздуха нагретое место сжимается и металл выпрямляется.

Правка листового материала — более сложная операция. Листовой материал может иметь такие дефекты, как выпуклость, волнистость.

Выпуклость предварительно обводят карандашом или мелом, затем кладут заготовку на плиту выпуклостью вверх. Придерживая лист левой рукой в рукавице, правой наносят удары молотком от края листа по направлению к выпуклости. По мере приближения к выпуклости удары наносят слабее и чаще. Во время правки заготовку поворачивают в горизонтальной плоскости так, чтобы удары равномерно распределялись по всей площади заготовки. Если на листе имеется несколько выпуклостей, то удары наносят в промежутки между ними. В результате этого лист растягивается и все выпуклости сводятся в одну общую, которую выправляют указанным ранее способом.

Если лист имеет волнистость по краям, но ровную середину, то удары молотком наносят от середины листа к краям. От воздействия ударов лист в середине вытягивается, и волны по краям листа исчезают. После этого лист следует повернуть и продолжать правку таким же способом до получения требуемых допусков прямолинейности и плоскостности.

Правку тонких листов производят деревянными молотками — киянками, а очень тонкие листы проглаживают деревянным или металлическим брусом — гладилкой, придерживая их на плите левой рукой. При правке лист периодически переворачивают.

Многие детали после закалки меняют свою форму вследствие возникших в металле напряжений. Эти детали также подлежат правке (рихтовке). Рассмотрим рихтовку закаленного угольника (рис. 1.7). Если угол меньше  $90^\circ$ , то удары наносят рихтовальным молотком у вершины внутреннего угла (рис. 1.7, а); если угол больше  $90^\circ$ , то удары наносят у вершины наружного угла (рис. 1.7, б).

**Гибка пластин. Гибка** — слесарная операция по обработке металлов давлением, в результате которой заготовке или детали придается

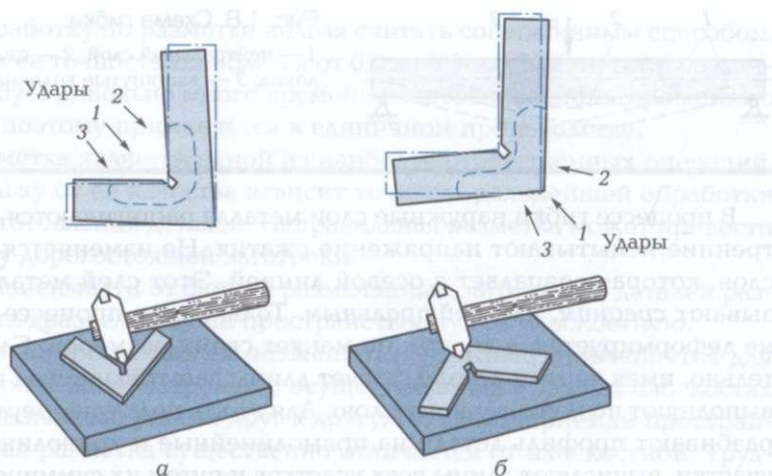


Рис. 1.7. Рихтовка закаленного угляника:

*а* — угол меньше  $90^\circ$ ; *б* — угол больше  $90^\circ$

необходимая изогнутая форма. Это одна из наиболее распространенных слесарных операций. Она бывает ручная и машинная; выполняется при холодном или горячем состоянии заготовки. Гибке подлежат только пластичные материалы.

Ручная слесарная гибка производится молотками (лучше применять молотки с мягкими бойками) в тисках, на плите или с помощью специальных гибочных приспособлений. Тонкий листовой металл гнут киянками, изделия из проволоки диаметром до 3 мм — плоскогубцами или круглогубцами. Механизированная гибка выполняется на гибочных прессах и вальцах.

Детали и заготовки больших сечений гнут с предварительным подогревом, в результате чего металл становится более пластичным, что облегчает процесс гибки.

Суть гибки заключается в том, что одна часть заготовки перегибается по отношению к другой на заданный угол. Происходит это следующим образом: на заготовку, свободно лежащую на двух опорах (рис. 1.8), действует усилие  $P$ , которое вызывает в заготовке изгибающие напряжения. Если эти напряжения не превышают предел упругости материала, то заготовка принимает первоначальный вид, т.е. выпрямляется. При гибке необходимо добиться, чтобы после снятия нагрузки заготовка сохранила приданную ей форму, поэтому напряжения изгиба должны превышать предел упругости и деформация заготовки в этом случае будет пластической.



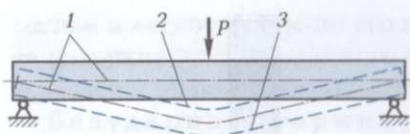


Рис. 1.8. Схема гибки:  
1 — нейтральный слой; 2 — сжатые волокна; 3 — растянутые волокна

В процессе гибки наружные слои металла растягиваются, а внутренние испытывают напряжение сжатия. Не изменяется длина слоя, которая совпадает с осевой линией. Этот слой металла называют *средним*, или *нейтральным*. Только он в процессе гибки не деформируется, а значит, не меняет своих размеров. Следовательно, имея чертеж детали, расчет длины заготовки перед гибкой выполняют по нейтральному слою. Для этого, пользуясь чертежом, разбивают профиль детали на прямолинейные и криволинейные участки, вычисляют длины всех участков и путем их суммирования определяют длину заготовки. Размеры прямых участков определяют непосредственно по чертежу.

Детали небольших размеров получают гибкой в тисках. При этом дополнительно используют вкладыши и оправки. Перед гибкой рассчитывают длину всей заготовки по чертежу детали, затем размечают места изгибов и выполняют гибку.

Рассмотрим гибку прямоугольной скобы, чертеж которой показан на рис. 1.9, а. Длина заготовки будет складываться из прямых участков скобы с добавлением половины толщины заготовки на изгиб:

$$L = 17,5 + 0,5 \cdot 2 + 15 + 0,5 \cdot 2 + 20 + 0,5 \cdot 2 + 15 + 0,5 \cdot 2 + 17,5 = 89 \text{ мм.}$$

Сначала отрезают заготовку с дополнительным припуском на обработку торцов по 1 мм на каждую сторону. Затем размечают места изгиба скобы. Зажимают заготовку 1 (рис. 1.9, б) в тисках между угольниками-нагубниками 2 на уровне риски и ударами молотка выполняют гибку конца 3 скобы. Переустанавливают заготовку в тисках, используя при этом угольник-нагубник 4 и оправку 6 (рис. 1.9, в), и делают второй загиб. Закрепляют скобу в тисках (рис. 1.9, г) и по разметке отгибают оба конца 7 скобы. Затем скобу опиливают и осуществляют контроль ее соответствия чертежу.

**Разметка.** *Разметкой* называется операция по нанесению на поверхность заготовки разметочных линий, определяющих контуры будущей детали. Основное назначение разметки заключается в указании границ, до которых надо обрабатывать заготовку. В процессе обработки детали до указанных границ с поверхности заготовки снимается лишний слой металла, который называется *припуском*.

Обработку по разметке нельзя считать совершенным способом, так как ее точность колеблется от 0,2 до 0,5 мм. Кроме того, разметка требует довольно много времени и высококвалифицированного труда, поэтому применяется в единичном производстве.

Разметка является одной из наиболее ответственных операций, поскольку от ее качества зависит точность дальнейшей обработки или изготовления деталей. Неправильная разметка может привести к браку дорогостоящей заготовки.

В зависимости от формы размечаемых заготовок и деталей разметка подразделяется на пространственную и плоскостную.

**Пространственная разметка** (объемная) применяется для геометрических построений, осуществляемых в разных плоскостях под различными углами друг к другу. По своим приемам пространственная разметка существенно отличается от плоскостной. Трудность пространственной разметки заключается в том, что слесарю приходится не только размечать отдельные поверхности детали,

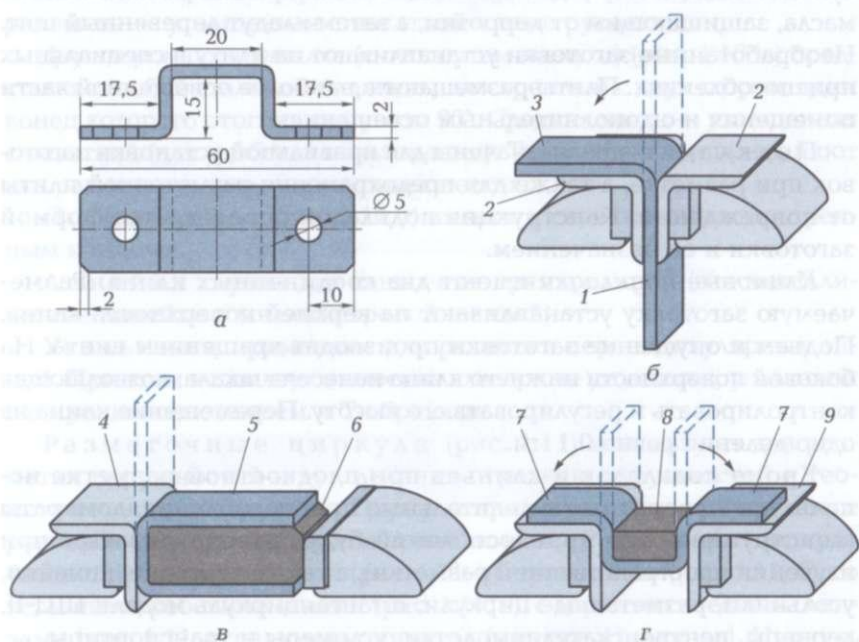


Рис. 1.9. Гибка прямоугольной скобы:

*a* — чертеж скобы; *б–г* — последовательность гибки; 1 — заготовка; 2, 4 и 9 — угольники-нагубники; 3, 5 и 7 — концы скобы; 6 и 8 — оправки

расположенные в различных плоскостях и под различными углами друг к другу, но и взаимоувязывать их разметку.

**Плоскостная разметка** применяется для геометрических построений на плоских поверхностях листовых заготовок. В этом случае разметочные линии наносятся в одной плоскости заготовки. Такой вид разметки широко используется при изготовлении шаблонов, контршаблонов, лекал.

Для плоскостной разметки используют следующие приспособления: разметочные плиты, подкладки, поворотные приспособления, домкраты.

На разметочной плите устанавливают размечаемые заготовки и располагают необходимые приспособления и инструмент. Верхняя часть плиты обработана шабрением. Большие плиты могут иметь продольные и поперечные канавки, образующие равные квадраты размерами  $200 \times 200$  или  $250 \times 250$  мм. Малые плиты устанавливают на верстаки, столы или чугунные тумбы, а большие — на кирпичный фундамент. Рабочая поверхность плиты должна располагаться на высоте 800...900 мм от пола и быть строго горизонтальной, сухой и чистой. После использования ее покрывают тонким слоем масла, защищающим от коррозии, а затем кладут деревянный щит. Необработанные заготовки устанавливают на плиту в специальных приспособлениях. Плиты размещают в наиболее освещенной части помещения и с дополнительным освещением.

Подкладки предназначены для правильной установки заготовок при разметке, а также для предохранения разметочной плиты от повреждений. Конструкция подкладок определяется формой заготовки и ее назначением.

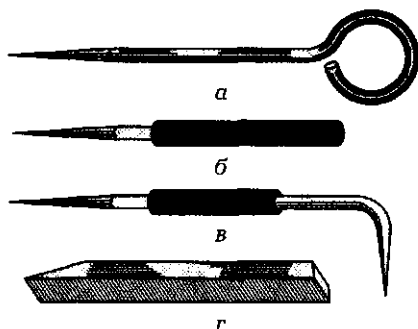
**Клиновые подкладки** имеют два соединенных клина. Размечаемую заготовку устанавливают на верхней поверхности клина. Подъем и опускание заготовки производят вращением винта. На боковой поверхности нижнего клина нанесена шкала, позволяющая контролировать и регулировать его высоту. Перемещение клина на одно деление равно 0,1 мм.

Кроме подкладок и клиньев при плоскостной разметке используют поворотные и делительные приспособления, домкраты (конструкции этих приспособлений будут рассматриваться при изучении пространственной разметки), а также чертилки, линейки, угольники, разметочные циркули, штангенциркули модели ШЦ-II, кернеры, центроискатели, молотки, угломеры и транспортиры.

**Чертилки** (рис. 1.10) предназначены для нанесения разметочных линий на заготовку. Они представляют собой стальные заостренные стержни (угол заточки  $15 \dots 20^\circ$ ) из углеродистой ин-

Рис. 1.10. Чертилки:

*a* — проволочная; *б* — точечная; *в* — двусторонняя; *г* — плоская



струментальной стали марки У10 или У12. Чертилки бывают проволочные (круглые), двусторонние, точечные, плоские.

*Проволочная чертилка* (рис. 1.10, *a*) представляет собой стальной цилиндрический стержень диаметром 4... 5 мм и длиной 150... 200 мм. Один конец имеет закругление в виде кольца диаметром 25... 30 мм, а второй остро заточен и закален (рабочая часть).

*Точечная чертилка* (рис. 1.10, *б*) имеет одну рабочую часть, вторая часть — утолщенная с накаткой в виде рукоятки.

*Двусторонняя чертилка* (с отогнутом концом) (рис. 1.10, *в*) представляет собой стальной стержень, заостренный с двух сторон, один конец которого отогнут под углом 90°. Средняя часть — утолщенная с накаткой (для удобства пользования). Такие чертилки применяют для разметки в труднодоступных местах.

*Плоская чертилка* (рис. 1.10, *г*) имеет плоское сечение с заостренным концом.

*Линейки* служат для нанесения прямых линий (это металлические линейки с миллиметровой шкалой).

*Угольники* применяют для разметки перпендикулярных линий. При этом используют плоские слесарные угольники, угольники с широким основанием и Т-образные.

*Разметочные циркули* (рис. 1.11) используют для разметки окружностей и дуг, деления отрезков, окружностей и геометрических построений. Циркули применяются и при переносе размеров с масштабных линеек на заготовку. Разметочные циркули бывают простые — с дугой (рис. 1.11, *a*), пружинные (рис. 1.11, *б*), со вставными рабочими иглами (рис. 1.11, *в*), с двумя оптическими линзами (рис. 1.11, *г*) на ножках циркуля (циркуль Новикова). Циркуль Новикова имеет микрометрический винт 2 для точной установки размера, две ножки 6, закаленные иглы 4 и две оптические линзы 7 с пятикратным увеличением.

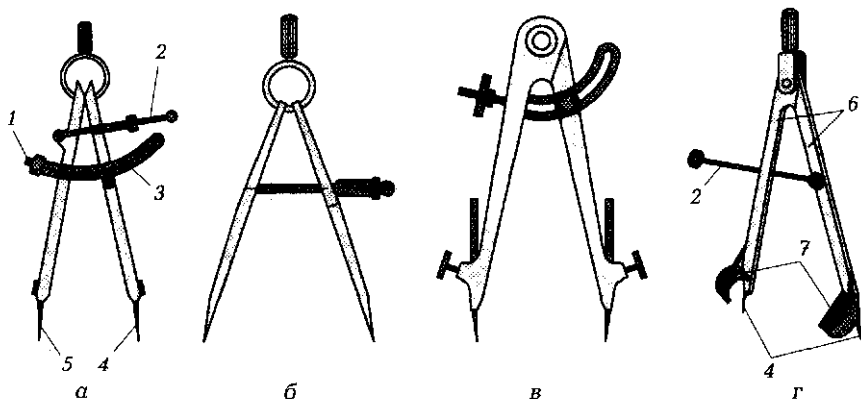


Рис. 1.11. Разметочные циркули:

*а* — простой; *б* — пружинный; *в* — со вставными иглами; *г* — с оптическими линзами; 1 — винт; 2 — микрометрический винт; 3 — установочное устройство; 4 и 5 — иглы; 6 — ножки; 7 — оптические линзы

Для повышения точности разметки широко используют штангенциркуль ШЦ-II (рис. 1.12), который позволяет вычерчивать окружности большого диаметра.

Кернер — инструмент для закрепления разметочных линий. Изготавливают кернеры из инструментальной углеродистой стали марок У7А, У8А, 7ХФ, 8ХФ. Кернер имеет рабочую, ударную и среднюю части. Рабочую часть закаляют до твердости 55...59 HRC,

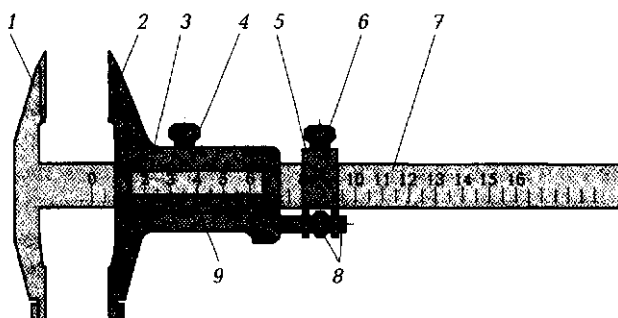


Рис. 1.12. Штангенциркуль ШЦ-II:

1 — неподвижные измерительные губки; 2 — подвижные измерительные губки; 3 — рамка; 4 — зажим рамки; 5 — рамка микрометрической подачи; 6 — зажим рамки микрометрической подачи; 7 — штанга; 8 — гайка и винт микрометрической подачи; 9 — нониус

а ударную часть — до твердости 40 ... 45 HRC. Среднюю часть не закаливают, на нее наносят рифление (накатку) для удобства работы. Кернеры бывают обыкновенные, специальные, механические и электрические.

*Обыкновенный кернер* имеет длину 100; 125 и 160 мм и диаметр стержня 8; 10 и 12 мм. Рабочую часть кернера затачивают на угол 60° для разметки средней точности, 30... 45° — для точной разметки, 75° — под центры будущих отверстий. При заточке кернеру придают вращение вокруг его оси.

*Специальные кернеры* применяют в тех случаях, когда разметку сложно выполнять обыкновенным кернером. Это кернеры для разметки малых окружностей, шаговый кернер, кернер с оптической линзой. Применение специальных кернеров значительно повышает производительность и точность разметки.

*Центроискатели* применяются для нахождения центров на торце цилиндрических деталей или центров отверстий.

Разметка углов и уклонов производится с помощью *угломеров* и *транспортиров*. При разметке транспортир устанавливают на заданный угол, удерживая левой рукой его основание, а правой поворачивают широкий конец линейки до тех пор, пока второй ее конец в виде стрелки не совпадет с делением заданного градуса, нанесенным на основании. После этого линейку фиксируют стопором и чертилкой наносят линию.

Перед разметкой необходимо выполнить следующие действия:

- 1) изучить чертеж размечаемой детали (выяснить ее размеры и назначение, наметить план разметки, определить инструмент и приспособления для разметки);
- 2) подготовить и проверить заготовку (очистить ее стальной щеткой от пыли, грязи, окалины, следов коррозии, невидимые трещины выявить путем обстукивания молотком надребезжание, измерить заготовку). Все размеры заготовки должны быть тщательно рассчитаны, чтобы после обработки на поверхности не осталось дефектов;
- 3) определить поверхности (базы) заготовки, от которых следует выполнять разметку. Базами могут быть наружные кромки заготовки или обработанные поверхности, оси симметрии или центровые линии у симметричных деталей (размеры нужно откладывать только от выбранных баз, что повышает точность разметки);
- 4) подготовить красители и окрасить поверхности заготовки. Для окрашивания заготовок из черных металлов (сталь, чугун) используют *меловые растворы*:



- мел, разведенный в воде, с добавлением льняного масла (клеящее вещество) + сиккатив (для быстрого высыхания);
- мел (1 кг), разведенный в воде (8 л) и доведенный до кипения, с добавлением 50 г столярного клея.

Для окрашивания неотвественных заготовок применяют сухой кусковой мел, для окрашивания ответственных заготовок — 10%-ный раствор медного купороса. На один стакан воды берут три чайные ложки купороса и растворяют его. После испарения воды на поверхности заготовки осаждается слой меди, на который хорошо наносятся разметочные риски.

*Спиртовой лак* применяют при точной разметке небольших деталей, *быстросохнущие лаки и краски* — для покрытия поверхностей больших обработанных стальных, чугунных и алюминиевых отливок.

Красители наносят на заготовку с помощью кисточки. Заготовку держат в левой руке в наклонном положении или располагают на верстаке. Тонкий равномерный слой красителя наносят на поверхность перекрестными вертикальными и горизонтальными движениями кисти. Во избежание подтеков раствор набирают только концом кисти в небольшом количестве.

Если разметочные линии хорошо видны на металле, можно обойтись без окрашивания.

Разметку выполняют на разметочных плитах. В первую очередь проводят линии, принятые за базы. Затем наносят разметочные линии в следующем порядке: сначала горизонтальные, затем вертикальные, после этого — наклонные; последними наносят дуги, окружности, закругления и сопряжения. Вычерчивание дуг в последнюю очередь дает возможность проверить точность расположения прямых линий: если линии нанесены точно, дуга замкнет их и сопряжение получится правильным. Разметку можно считать законченной, если изображение на плоскости заготовки полностью соответствует чертежу. В некоторых случаях порядок нанесения разметочных линий не совпадает с предложенным. Так, например, наклонные линии, касательные к дуге, проводят после нанесения дуги.

Прямые линии наносят чертилкой, ведя ее вдоль масштабной линейки (рис. 1.13). Чертилку наклоняют от линейки в сторону ее движения под углом 75...80° к плоскости заготовки. Линию проводят только один раз. При повторном проведении линии точность разметки снижается. Поэтому, если линия проведена плохо, ее закрашивают и проводят заново.

Перпендикулярные линии наносят чертилкой с помощью угольника. Первую линию проводят по угольнику, полку кото-

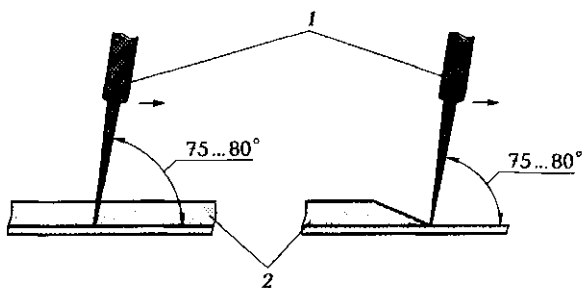


Рис. 1.13. Нанесение прямой линии с помощью чертилки и масштабной линейки:

1 — чертилка; 2 — масштабная линейка

рого прикладывают к боковой поверхности разметочной плиты. После этого угольник прикладывают полкой к боковой поверхности и проводят вторую линию, которая будет перпендикулярна первой.

Параллельные линии удобнее всего проводить с помощью угольника с широким основанием или с Т-образной полкой. Когда это невозможно, делают отметки в двух местах на равном расстоянии от первой линии и с помощью чертилки и линейки проводят через них параллельную ей линию.

Окружности и дуги размечают с помощью разметочных циркулей. Усилие прикладывается к той ножке, которая установлена в накерненный центр окружности, иначе циркуль может сместиться. Если центр окружности не намечен, его находят с помощью центроискателя. Для обработанной цилиндрической заготовки центроискатель устанавливают на ее торец и в двух положениях центроискателя проводят две линии вдоль биссектрисы угла. Точка пересечения этих линий и есть искомый центр. При точной разметке центры отверстий и дуг находят геометрическим путем.

Для закрепления разметочных линий применяют их накернивание.

**Керном** называется углубление (лунка), образовавшееся от действия острия кернера при ударе по нему молотком. Масса молотка (от 50 до 200 г) должна быть соразмерна массе кернера. Керны наносятся равномерно. Расстояния между ними должно составлять 10...50 мм на прямых участках (в зависимости от размеров детали) и 5...10 мм в углах и на дугах. Керны обязательно ставят на пересечениях линий и закруглениях. Линию окружности достаточно накернить в четырех местах — в местах пересечения осей. Керны

для сверления отверстий делают более глубокими, чтобы сверло меньше уходило в сторону от разметочной точки.

При работе кернер берут тремя пальцами левой руки, слегка наклоняют его от себя, ставят острием точно на разметочную линию так, чтобы острие было строго на середине линии, и прижимают к намеченной точке. Затем ставят кернер в вертикальное положение и наносят по нему легкий удар разметочным молотком. В такой же последовательности делают керны по всем разметочным линиям с соблюдением промежутков между лунками.

На обработанных поверхностях точных деталей разметочные линии не кернят.

При изготовлении больших партий совершенно одинаковых деталей применяют *разметку по шаблону*. Для этого изготавливают из листового материала шаблон толщиной 0,5... 1 мм (для сложных деталей — 3... 5 мм), который полностью соответствует контуру будущей детали.

Суть разметки по шаблону заключается в том, что его накладывают на предварительно окрашенную заготовку и проводят чертилкой линии вдоль контура шаблона. При таком методе повышаются производительность и точность разметки. После разметки чертилкой производится накернивание разметочных линий кернером.

**Рубка металла.** Рубкой называется операция по снятию с заготовки слоя материала, а также разрубание металла (листового, полосового, профильного) на части режущими инструментами (зубилом, крейцмейселем или канавочником с помощью молотка). Точность обработки при рубке не превышает 0,7 мм. В современном машиностроении к процессу рубки металла прибегают лишь в тех случаях, когда заготовка по тем или иным причинам не может быть обработана на металлорежущих станках. Рубкой выполняют следующие работы: удаление лишних слоев материала с поверхностей заготовок (обрубка литья, сварных швов, прорубание кромок под сварку и др.); обрубку кромок и заусенцев на кованных и литых заготовках; разрубание на части листового материала; вырубку отверстий в листовом материале; прорубание смазочных канавок и др.

Производится рубка в тисках на плите или на наковальне. Заготовки больших размеров при рубке закрепляют в ступовых тисках. Обрубка литья, сварных швов и приливов в крупных деталях осуществляется на месте. Ручная рубка — весьма тяжелая и трудоемкая операция, поэтому необходимо стремиться максимально ее механизировать.

Инструменты, применяемые при рубке, относятся к режущим. Они изготавливаются из углеродистых инструментальных сталей

марок У7, У8, У8А. Твердость рабочей части режущих инструментов после термической обработки должна составлять не менее 53... 56 HRC на длине 30 мм, а ударной части — 30... 35 HRC на длине 15 мм. Размеры режущих инструментов для рубки зависят от характера выполняемых работ и выбираются из стандартного ряда. В качестве ударного инструмента при рубке используют молотки различных размеров и конструкций. Наиболее часто при рубке используют слесарные молотки с круглым бойком различной массы.

Зубило слесарное (рис. 1.14) состоит из трех частей: рабочей, средней, ударной. Как и при любой обработке резанием, режущая часть инструмента представляет собой клин (рис. 1.14, а).

Действие клинообразного инструмента на обрабатываемый металл изменяется в зависимости от положения клина и направления действия силы, приложенной к его основанию. Различают два основных вида работы клина при рубке:

- ось клина и направление действия силы, приложенной к нему, перпендикулярны поверхности заготовки. В этом случае заготовка разрубается на части (рис. 1.14, б);

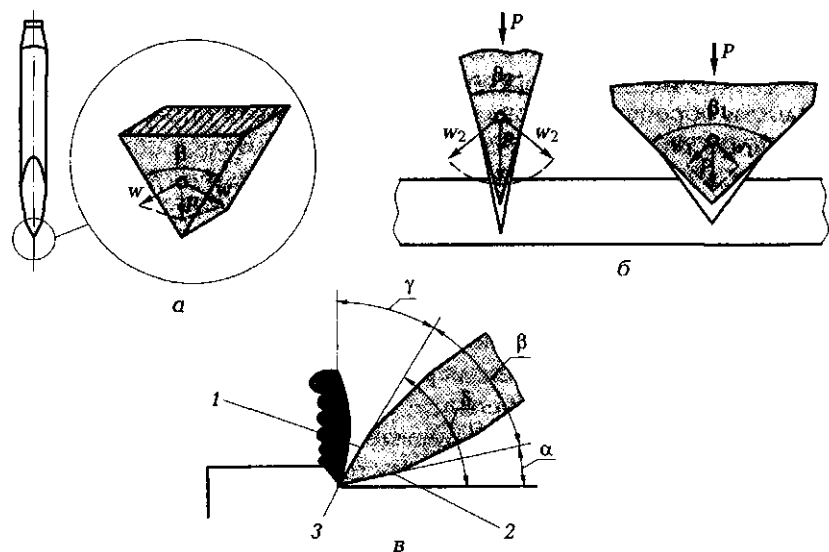


Рис. 1.14. Зубило слесарное:

а — общий вид зубила и его рабочей части; б — угол заострения и действие сил; в — элементы резания при рубке; 1 — передняя грань; 2 — задняя грань; 3 — режущая грань;  $P$  — сила резания;  $w$ ,  $w_1$ ,  $w_2$  — составляющие силы резания;  $\beta$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  — углы заострения;  $\gamma$  — передний угол;  $\alpha$  — задний угол;  $\delta$  — угол резания

- ось клина и направление действия силы, приложенной к его основанию, образуют с поверхностью заготовки угол, меньший  $90^\circ$ . В этом случае с заготовки снимается стружка (рис. 1.14, в).

Плоскости, ограничивающие режущую часть инструмента (см. рис. 1.14, в), называются *поверхностями*. Поверхность, по которой сходит стружка в процессе резания, называется *передней*, а противоположная ей поверхность, обращенная к обрабатываемой поверхности заготовки, — *задней*. Их пересечение образует режущую кромку инструмента. Угол между поверхностями, образующими рабочую часть инструмента, называется *углом заострения* и обозначается греческой буквой  $\beta$  (бета). Угол между передней и обработанной поверхностями называется *углом резания* и обозначается греческой буквой  $\delta$  (дельта). Угол между передней поверхностью и плоскостью, проведенной через режущую кромку перпендикулярно поверхности резания, называется *передним углом* и обозначается греческой буквой  $\gamma$  (гамма).

Угол, образуемый задней и обработанной поверхностями, называется *задним углом* и обозначается греческой буквой  $\alpha$  (альфа).

Чем меньше угол заострения режущего клина, тем меньшее усилие необходимо прикладывать при резании. Однако с уменьшением угла резания уменьшается и поперечное сечение режущей части инструмента, а следовательно, и его прочность. В связи с этим величину угла заострения необходимо выбирать с учетом твердости обрабатываемого материала, которая определяет силу резания, необходимую для отделения слоя металла с поверхности заготовки, и силу удара по инструменту, необходимую для создания усилия резания.

С увеличением твердости материала необходимо увеличивать и угол заострения режущего клина, так как сила удара по инструменту достаточно велика и его поперечное сечение должно обеспечить необходимую для восприятия этой силы площадь поперечного сечения. Значения этого угла для различных материалов составляют приблизительно: чугун и бронза —  $70^\circ$ , сталь средней твердости —  $60^\circ$ , латунь, медь —  $45^\circ$ , алюминиевые сплавы —  $35^\circ$ .

Задний угол  $\alpha$  определяет величину трения между задней поверхностью инструмента и обрабатываемой поверхностью заготовки, его величина колеблется в пределах  $3 \dots 8^\circ$ . Регулируется величина заднего угла изменением наклона зубила относительно обрабатываемой поверхности.

Крейцмейсель отличается от зубила более узкой режущей кромкой. Крейцмейсель применяют для вырубания канавок, прорубания шпоночных пазов и аналогичных работ. В целях предупреждения

заклинивания крейцмейселя при работе его рабочая часть имеет постепенное сужение от режущей кромки к рукоятке. Термическая обработка рабочей и ударной частей, а также геометрические параметры режущей части и порядок определения углов заострения режущей части у крейцмейселей точно такие же, как и у зубила.

Канавочник применяется для вырубания смазочных канавок во вкладышах и втулках подшипников скольжения и профильных канавок специального назначения. Режущие кромки канавочника могут иметь прямолинейную или полукруглую форму, которая выбирается в зависимости от профиля прорубаемой канавки. Канавочник отличается от зубила и крейцмейселя только формой рабочей части. Требования в отношении термической обработки и выбора углов заточки для канавочников такие же, как и для зубила и крейцмейселя.

Молотки слесарные (рис. 1.15) применяются при рубке в качестве ударного инструмента для создания силы резания и бывают двух видов: с круглым (рис. 1.15, а) и квадратным (рис. 1.15, б) бойком. Противоположный бойку конец молотка называют *носком*.

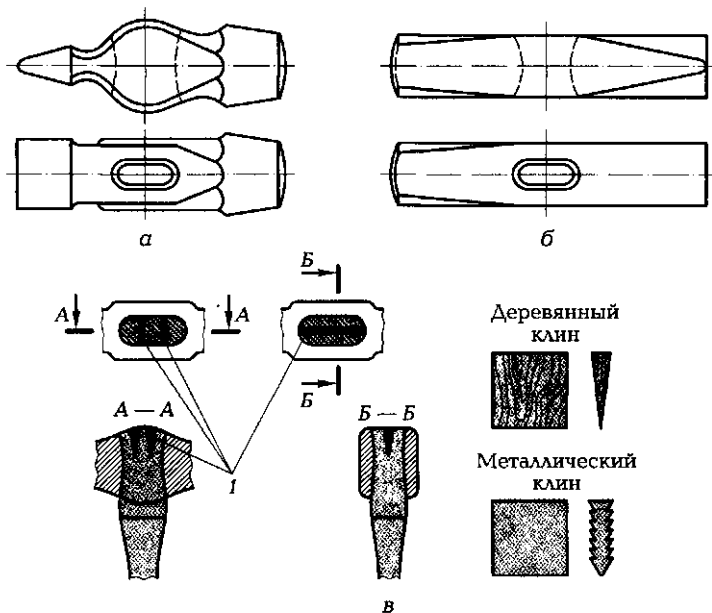


Рис. 1.15. Молотки слесарные:

а — с круглым бойком; б — с квадратным бойком; в — способы крепления ручки; *г* — клинья



Он имеет клинообразную форму и скруглен на конце. Молоток закрепляют на ручке, которую при работе удерживают в руке, нанося удары по инструменту (зубилу, крейцмейслю, канавочнику). Для надежного удерживания молотка на рукоятке и предупреждения его соскакивания во время работы используют деревянные или металлические клинья (обычно один-два клина), которые забивают в рукоятку (рис. 1.15, в) там, где она входит в отверстие молотка.

Рубку заготовок небольшого размера (до 150 мм) из листового материала, широких поверхностей стальных и чугунных заготовок небольших размеров, а также прорубание канавок во вкладышах подшипников выполняют в тисках.

На плите или наковальне выполняют разрубание заготовок на части или вырубание по контуру заготовок из листового материала. Рубку на плите применяют в тех случаях, когда обрабатываемую заготовку невозможно или сложно закрепить в тисках.

Для того чтобы придать рабочей части зубила, крейцмейслю или канавочника необходимый угол заострения, нужно произвести его заточку.

Заточка режущего инструмента осуществляется на **заточных станках** (рис. 1.16, а). Затачиваемый инструмент устанавливают на подручник 3 и с легким нажимом медленно перемещают его по всей ширине шлифовального круга. В процессе заточки инструмент периодически охлаждают в воде. Заточку поверхностей режущего клина ведут поочередно — то одну сторону, то другую,

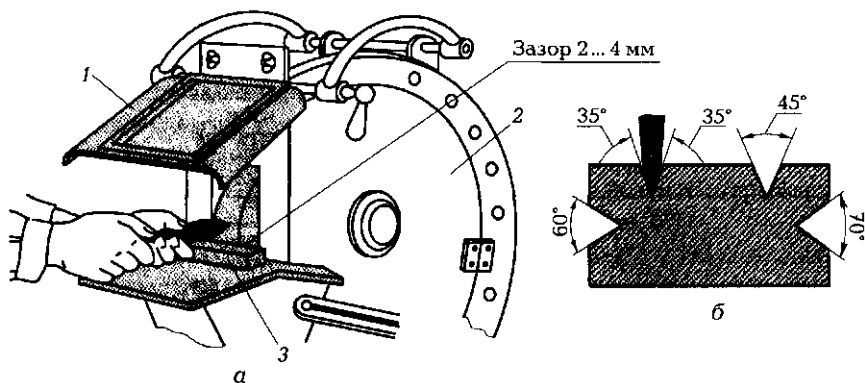


Рис. 1.16. Заточный станок:

а — заточный узел станка; б — шаблон для контроля углов заточки; 1 — защитный экран; 2 — кожух; 3 — подручник

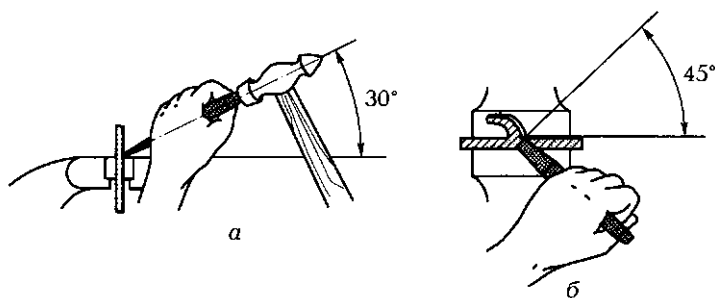


Рис. 1.17. Рубка по уровню тисков:

*a* и *б* — угол наклона зубила в вертикальной и горизонтальной плоскости соответственно

что обеспечивает равномерность заточки и получение правильного угла заострения рабочей части инструмента. Шлифовальный круг в процессе работы должен быть закрыт кожухом 2. Защита глаз от попадания абразивной пыли производится с помощью специального защитного экрана 1 или защитных очков. Контроль угла заострения режущего инструмента в процессе заточки осуществляют при помощи специального шаблона (рис. 1.16, б).

Основные правила и способы выполнения работ при рубке.

1. При рубке листового и полосового металла толщиной до 3 мм по уровню губок тисков следует соблюдать следующие правила:

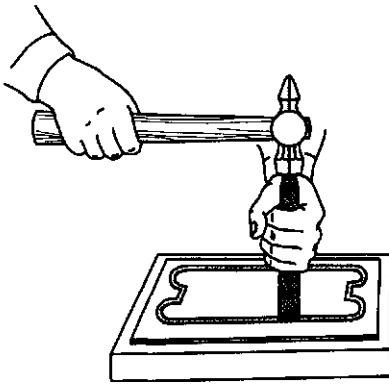
- часть заготовки, уходящая в стружку, должна располагаться выше уровня губок тисков;
- риска на заготовке должна находиться точно на уровне губок тисков, перекося заготовки недопустим;
- заготовка не должна выступать за правый торец губок тисков;
- рубку по уровню тисков выполнять серединой режущей кромки инструмента, располагая его под углом  $45^\circ$  к заготовке (рис. 1.17, б).

Угол наклона зубила в зависимости от угла заострения рабочей части составляет  $30 \dots 35^\circ$  (рис. 1.17, а).

2. При рубке полосового (листового) материала на плите (наковальне) следует выполнять следующие требования:

- режущую кромку зубила затачивать не прямолинейно, а с некоторой кривизной (рис. 1.18);
- разрубание листового материала по прямой линии следует производить, начиная от дальней кромки листа к передней, при этом зубило должно располагаться точно по разметочной риске. При рубке передвигать лист таким образом, чтобы место удара находилось приблизительно посередине плиты;

Рис. 1.18. Рубка листового материала



- при вырубании из листового материала заготовки криволинейного профиля (рис. 1.19) оставлять припуск 1... 1,5 мм для последующей ее обработки, например опиливанием;
- разрубание полосы выполнять по разметке с обеих сторон примерно на половину толщины полосы, после чего переломить ее в тисках или на ребре плиты (наковальни); силу удара регулировать в зависимости от толщины разрубаемого материала.

3. При срубании слоя металла на широкой поверхности детали сначала с помощью крейцмейселя прорубить канавки глубиной 1,5... 2 мм по всей поверхности детали (рис. 1.20, а), затем зубилом срубить оставшиеся выступы (рис. 1.20, б). При необходимости повторять рубку до тех пор, пока не будут достигнуты заданные

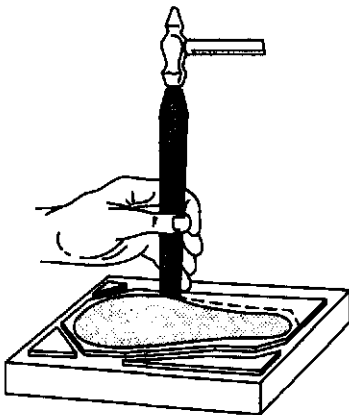


Рис. 1.19. Вырубание заготовки из листового материала

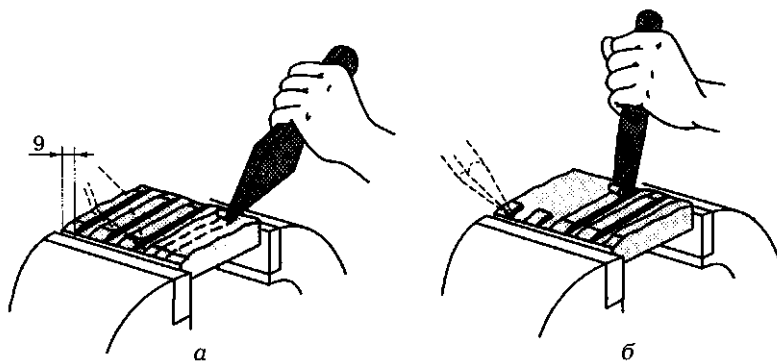


Рис. 1.20. Срубание материала с широкой поверхности:  
*а* — прорубание канавок; *б* — срубание выступов

размеры детали. Толщину снимаемого слоя металла регулировать наклоном крейцмейселя или зубила и силой удара, наносимого по инструменту. При возможности рубку заменить строганием или фрезерованием.

4. Прорубание криволинейных канавок на заготовке выполняется канавочником за один или несколько проходов в зависимости от обрабатываемого материала и требований к качеству обработки. Объем срезаемого материала регулируется наклоном канавочника и силой удара по инструменту.

5. При заточке инструмента необходимо выполнять следующие требования:

- устанавливать подручник заточного станка таким образом, чтобы зазор между подручником и заточным кругом не превышал 3 мм;
- прижимать инструмент режущей частью к периферии заточного круга, опираясь при этом на подручник;
- периодически охлаждать инструмент водой, опуская его в специальную емкость. Охлаждение производится для предупреждения перегрева инструмента в процессе затачивания и отпуска его рабочей части, приводящего к снижению твердости режущей части инструмента;
- проверять угол заточки инструмента по шаблону;
- следить за симметричностью лезвия инструмента относительно его оси.

При рубке и заточке режущего инструмента необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- устанавливать на верстак защитный экран;

- прочно закреплять заготовку в тисках;
- не пользоваться молотком, зубилом, канавочником, крейцмейселем с расплюснутым бойком. Расклепанную часть бойка удалять на заточном станке;
- не пользоваться молотком, насаженным слабо на рукоятку;
- выполнять рубку только острозаточенным инструментом;
- пользоваться индивидуальными защитными очками или защитным экраном, установленным на станке, во избежание травм глаз.

**Резка металла. Резка (разрезание)** — это операция, связанная с разделением материалов на части с помощью ножовочного полотна, ножниц и другого режущего инструмента. В зависимости от применяемого инструмента разрезание может осуществляться со снятием стружки или без снятия.

Наибольшее распространение получило разрезание металлов ручными слесарными ножовками и ножницами. Для разрезания листового и пруткового материала применяют ручные рычажные и гильотинные ножницы.

**Ручные слесарные ножовки** предназначены в основном для разрезания сортового и профильного проката вручную, а также для разрезания толстых листов и полос, прорезания пазов и шлицов в головках винтов, обрезания заготовок по контуру и других работ. Разрезание выполняется с помощью ножовочных полотен, которые изготавливают из углеродистой (марки Р9 или Р18) или легированной (марки Х6ВФ) инструментальной стали и после нарезания зубьев закаливают. Наиболее распространены ножовочные полотна шириной 13 и 16 мм при толщине 0,5...0,8 мм и длиной 250...300 мм. Для осуществления резания полотно устанавливают в специальном ножовочном станке. Ножовочные станки бывают

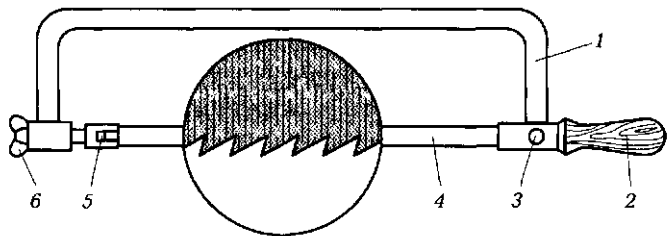


Рис. 1.21. Цельный ножовочный станок:

1 — станок; 2 — рукоятка; 3 — штифт; 4 — ножовочное полотно; 5 — головка крепления ножовочного полотна; 6 — натяжной винт с гайкой

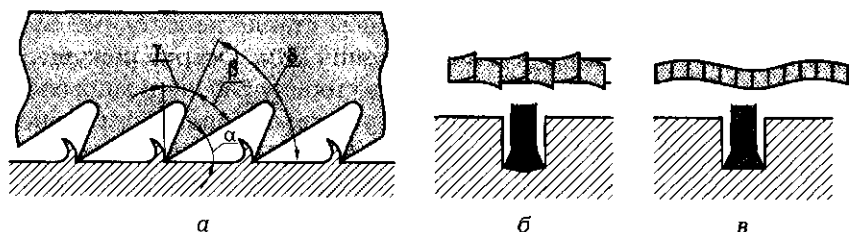


Рис. 1.22. Ножовочное полотно:

$\alpha$  — геометрические параметры ножовочного полотна:  $\gamma$  — передний угол;  $\alpha$  — задний угол;  $\beta$  — угол заострения;  $\delta$  — угол резания; б — разводка по зубу; в — разводка по полотну

двух типов: цельные и раздвижные, позволяющие устанавливать в станок ножовочное полотно разной длины.

**Цельный ножовочный станок** (рис. 1.21) состоит из станка 1, натяжного винта с барашковой гайкой 6 и рукоятки 2. Ножовочное полотно 4 устанавливают в прорези головок 5 и фиксируют его при помощи штифтов 3.

**Раздвижной ножовочный станок** отличается тем, что состоит из двух частей, соединенных с помощью обоймы. Обойма жестко крепится на одной половине станка, а другая половина может изменять свое положение по длине за счет установки впрессованного в нее штифта, который фиксируется в специальных пазах обоймы.

На одной из сторон ножовочного полотна по всей длине нарезают зубья (рис. 1.22, а). Каждому зубу ножовочного полотна придается форма режущего клина, которая характеризуется определенными геометрическими параметрами: задним углом  $\alpha$ , углом заострения  $\beta$ , передним углом  $\gamma$  и углом резания  $\delta$ . Между углами, характеризующими геометрию режущего клина зубьев ножовочного полотна, существуют зависимости:  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ ;  $\alpha + \beta = \delta$ .

Поскольку работа (движения) ножовочного полотна осуществляется в ограниченном пространстве, для предупреждения его заклинивания в процессе работы зубья ножовочного полотна должны быть разведены. В зависимости от величины шага зубьев, т. е. от расстояния между двумя соседними зубьями, различают разводку по зубу (рис. 1.22, б) и разводку по полотну (рис. 1.22, в). Разводка по зубу производится на полотнах с большим шагом. В этом случае поочередно отгибают каждый зуб ножовочного полотна то в одну сторону, то в другую. При разводке по полотну сначала отгибают два-три зуба в одну сторону, а затем два-три зуба в другую. В этом случае вдоль полотна появляется волнистая линия.

При установке полотен в ножовочном станке необходимо следить за правильным выбором направления зуба. Острие режущего клина должно быть всегда направлено в сторону рабочего движения полотна — вперед, в направлении от рукоятки к барашку натяжного винта. Вторым обязательным условием нормальной работы при разрезании является натяжение ножовочного полотна. Натяжение должно быть таким, чтобы полотно не испытывало упругих деформаций при разрезании и в то же время не быть слишком сильным, так как это может привести к поломке полотна в процессе работы даже при незначительном его перекосе.

**Ручные ножницы** (рис. 1.23) бывают правыми и левыми. У правых ножниц скос на режущей части на каждой из половин находится с правой стороны, а у левых — с левой. Ручными ножницами можно резать листовую сталь толщиной до 0,7 мм, кровельное железо — толщиной до 1 мм, листы меди и латуни — толщиной до 1,5 мм.

Такие ножницы (рис. 1.23, а) предназначены для разрезания материала по прямой линии или по дуге большого радиуса. Если требуется вырезать в листовом материале отверстие или вырезать деталь по контуру с малыми радиусами кривизны, применяют ножницы с криволинейными лезвиями (рис. 1.23, б) или пальцевые ножницы с тонкими и узкими режущими лезвиями (рис. 1.23, в).

Все ножницы, независимо от их конструкций, в своей основе имеют (как и другие режущие инструменты) режущий клин. Форма режущего клина ножниц характеризуется следующими геометрическими параметрами (рис. 1.24): угол заострения  $\beta$ ; задний угол  $\alpha$ , обеспечивающий уменьшение трения при работе ножницами и составляющий 2...3°. В целях уменьшения усилий, прикладываемых

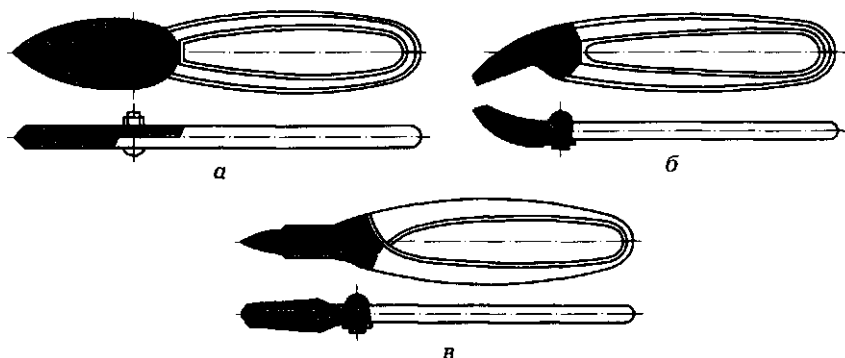


Рис. 1.23. Ручные ножницы:

а — правые; б — с криволинейными лезвиями; в — пальцевые

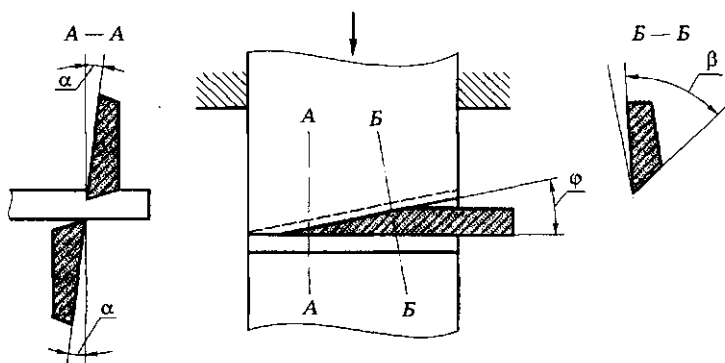


Рис. 1.24. Геометрические параметры лезвий ножниц:

$\alpha$  — задний угол;  $\beta$  — угол заострения;  $\phi$  — угол между лезвиями

мых при резании, режущие ножи устанавливают под углом  $\phi$  (чем больше этот угол, тем меньше усилие резания). При увеличении угла  $\phi$  создаются усилия, выталкивающие лист из-под ножей. В связи с этим величину угла  $\phi$  выбирают в пределах  $7 \dots 12^\circ$ , что создает оптимальные условия для резания. Угол заострения  $\beta$  выбирают в зависимости от обрабатываемого материала (чем тверже материал, тем большим должен быть этот угол). Для мягких металлов и сплавов (например, меди, латуни) он составляет  $65^\circ$ , для металлов средней твердости —  $70 \dots 75^\circ$ , а для твердых материалов —  $80^\circ$ . Если требуется разрезать листы большой толщины (до 2 мм), применяют ступовые ножницы. У этих ножниц одна рукоятка имеет отогнутый вниз конец; этим заостренным концом ножницы закрепляют в деревянной колоде или тисках. Вторая рукоятка служит для нажатия и собственно резания.

**Настольные ручные рычажные ножницы** (рис. 1.25) применяют для резания листовой стали толщиной до 4 мм, алюминия и латуни — до 6 мм. Основание 1 ножниц закрепляют на верстаке болтами. Рукоятка 2 обеспечивает возвратно-поступательное движение ножа 3. Стол-нож 4 закреплен в корпусе основания 1. Разрезаемый лист укладывают на полку неподвижного ножа и, перемещая подвижный нож 3 рукояткой 2, выполняют резание листа по разметочной риске. Рычажные ножницы могут несколько отличаться друг от друга по конструкции, но принцип их действия во всех случаях одинаков.

**Труборезы** применяют для резания труб различного диаметра вместо слесарной ножовки, а также для более качественного резания труб. Труборез представляет собой специальное при-



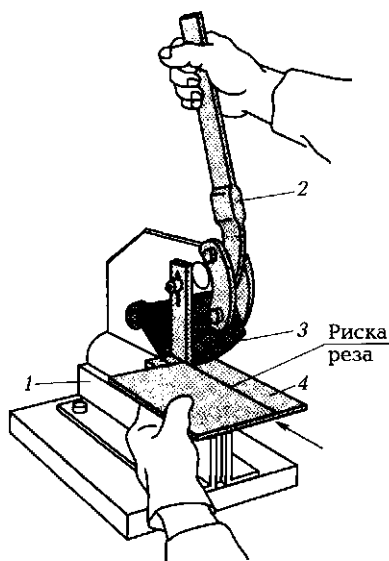


Рис. 1.25. Настольные ручные рычажные ножницы:

1 — основание; 2 — рукоятка; 3 — нож; 4 — стол-нож

способление, у которого режущим инструментом служат стальные дисковые резцы-ролики. Наиболее распространены роликовые, хомутиковые и цепные труборезы.

Роликовый труборез (рис. 1.26, а) состоит из скобы 4, винтового рычага 3 и трех дисковых режущих роликов 6, два из которых установлены на осях в скобе 4, а третий смонтирован на оси, закрепленной в подвижном кронштейне 5. Разрезаемую трубу закрепляют в прижиме 1 винтом 2, после чего труборез устанавливают на трубу 7. При вращении винтового рычага 3 вправо кронштейн 5 переместит режущий ролик 6 до соприкосновения со стенкой трубы под некоторым нажимом. Труборез с тремя роликами режет одновременно в трех местах, поэтому при работе его слегка раскачивают с помощью рычага (примерно на одну треть оборота в каждую сторону). Для повышения качества разрезания место реза смазывают маслом.

При резании роликовыми труборезами происходит вдавливание внутрь трубы ее торца, что ведет к образованию заусенцев и необходимости дальнейшей обработки трубы для их удаления.

Исключить этот недостаток позволяет резцовый труборез (рис. 1.26, б), у которого ролики выполняют лишь функцию

центрирования трубы в приспособлении, а резание производится отрезным резцом 2, который по мере врезания в трубу подается нажимным винтом 1. Нажим роликов осуществляется с помощью винта 3.

**Опиливание металла.** Опиливание — это операция по удалению с поверхности заготовки слоя материала с помощью режущего инструмента — напильника, целью которой является придание заготовке заданных формы и размеров, обеспечение заданной шероховатости поверхности.

В большинстве случаев опиление производят после рубки и резания металла ножовкой, а также при сборочных работах для пригонки детали по месту. В слесарной практике опиление применяется для обработки следующих поверхностей:

- плоские и криволинейные;
- плоские, расположенные под наружным или внутренним углом;

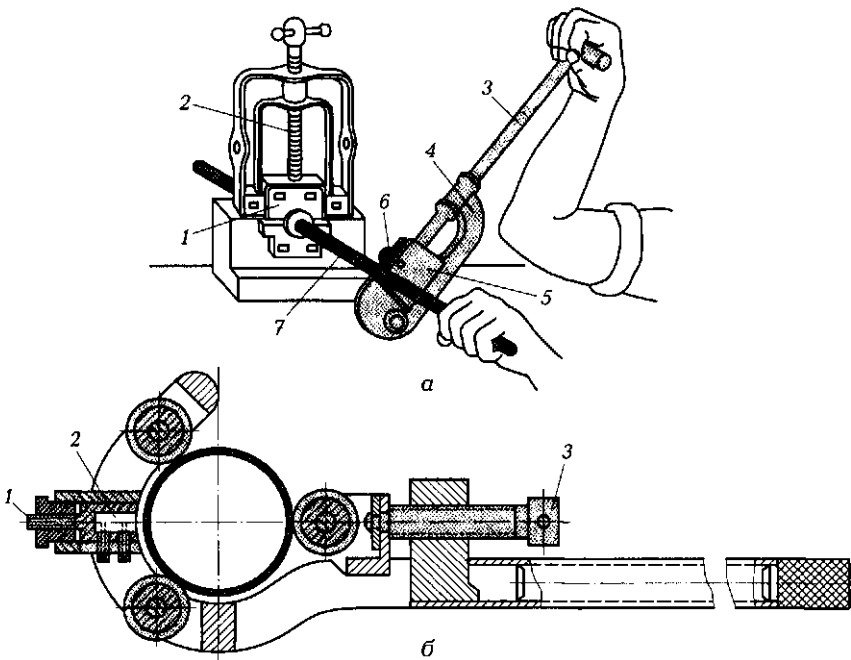


Рис. 1.26. Труборезы:

а — роликовый: 1 — прижим; 2 — винт; 3 — винтовой рычаг; 4 — скоба; 5 — кронштейн; 6 — режущие ролики; 7 — труба; б — резцовый: 1 — нажимной винт; 2 — отрезной резец; 3 — винт

- плоские, параллельные под определенный размер между ними;
- фасонные сложного профиля.

Кроме того, опиливание используется для обработки углублений, пазов и выступов.

Различают черновое и чистовое опиливание. Обработка напильником позволяет получить точность обработки деталей до 0,05 мм, а в отдельных случаях и более высокую точность. Припуск на обработку опиливанием, т. е. разница между номинальными размерами детали и размерами заготовки для ее получения, обычно небольшой и составляет от 1 до 0,5 мм.

Основными рабочими инструментами, применяемыми при опиливании, являются напильники, рашпили и надфили.

**Напильники** представляют собой стальные закаленные бруски, на рабочих поверхностях которых нанесено большое количество насечек или нарезок, образующих режущие зубья напильника. Эти зубья обеспечивают срезание с поверхности заготовки небольшого слоя металла в виде стружки. Напильники изготавливают из инструментальных углеродистых сталей марок У10, У12, У13 и инструментальных легированных сталей марок ШХ6, ШХ9, ШХ12.

Насечки на поверхности напильника образуют зубья: чем меньше насечек на единицу длины напильника, тем крупнее зубья. По виду насечек различают напильники с одинарной, двойной (перекрестной) и рашпильной насечками.

Напильники с одинарной насечкой срезают металл широкой стружкой, равной всей длине зуба, что требует приложения больших усилий. Такие напильники применяются для обработки цветных металлов, их сплавов и неметаллических материалов.

Напильники с двойной насечкой имеют основную насечку (более глубокую) и нанесенную поверх нее вспомогательную (более мелкую), которая обеспечивает дробление стружки по длине, что снижает усилия, прикладываемые к напильнику при работе. Шаг нанесения основной и вспомогательной насечек неодинаков, поэтому зубья напильника располагаются друг за другом по прямой, составляющей с осью напильника угол  $5^\circ$ . Такое расположение зубьев на напильнике обеспечивает частичное перекрытие следов от зубьев на обработанной поверхности, что уменьшает ее шероховатость.

**Р а ш п и л и** (напильники с рашпильной насечкой) имеют зубья, которые образуются выдавливанием металла из поверхности заготовки напильника с помощью специального насекательного зубила. Каждый зуб рашпильной насечки смещен относительно расположенного впереди зуба на половину шага. Такое расположение зубьев на поверхности напильника обеспечивает уменьшение глу-

бины канавок, образованных зубьями, за счет частичного перекрытия следов зубьев на поверхности заготовки, что облегчает резание. Рашпили применяют для опилования мягких материалов (баббит, свинец, дерево, каучук, резина, некоторые виды пластмасс).

Напильники классифицируются в зависимости от числа насечек на 10 мм длины напильника на шесть классов. Насечки имеют номера от 0 до 5, при этом чем меньше номер насечки, тем больше расстояние между насечками и, соответственно, крупнее зуб. Выбор номера напильника зависит от характера работ, которые будут им выполняться. Чем выше требования к точности обработки и шероховатости обработанной поверхности, тем более мелким должен быть зуб напильника.

Для грубого черногого опилования (шероховатость  $Rz$  160... 80, точность 0,2... 0,3 мм) применяются напильники 0-го и 1-го классов (драчевые), имеющие от 5 до 14 зубьев на 10 мм насеченной части в зависимости от длины напильника.

Для выполнения чистовой обработки (шероховатость  $Rz$  40... 20, точность 0,05... 0,1 мм) используются напильники с более мелким зубом 2-го и 3-го классов (личные), имеющие от 8 до 20 насечек на 10 мм длины насеченной части напильника.

Для пригоночных, отделочных и доводочных работ (шероховатость поверхности  $Ra$  2,5... 1,25, точность 0,02... 0,05 мм) применяются напильники с мелкими и очень мелкими зубьями 4-го и 5-го классов (бархатные), имеющие от 12 до 56 насечек на 10 мм длины насеченной части.

Для выполнения слесарных работ предназначены напильники с двойной насечкой, выполненной методом насекания. Такие напильники изготавливают с различной формой поперечного сечения, которая выбирается в зависимости от формы обрабатываемой поверхности:

- *плоские* — для опилования плоских и выпуклых широких наружных поверхностей и распиливания прямоугольных отверстий;
- *квадратные* — для распиливания квадратных и прямоугольных проемов, прямоугольных пазов и узких плоских наружных поверхностей;
- *треугольные* — для распиливания отверстий и пазов с углами более 60°;
- *круглые* — для распиливания круглых и овальных отверстий, а также вогнутых поверхностей малого радиуса закругления, которые не могут быть обработаны полукруглым напильником;
- *полукруглые* — для опилования вогнутых поверхностей большого радиуса закругления и галтелей;

- *ромбические* — для опилования зубьев зубчатых колес, звездочек, для распиливания профильных пазов и поверхностей, расположенных под острыми углами;
- *ножовочные* — для опилования внутренних углов менее  $10^\circ$ , а также клиновидных канавок, узких пазов, зубьев зубчатых колес, плоских поверхностей и отделки углов в трехгранных, прямоугольных и квадратных отверстиях.

Рашпили по форме поперечного сечения могут быть плоские тупоконечные, плоские остроконечные, круглые и полукруглые. Рашпили изготавливают с мелкой и крупной насечкой.

Для обработки мелких деталей применяют специальные напильники — на д ф и л и, имеющие малую длину (80; 120 или 160 мм) и различную форму поперечного сечения. Надфили имеют также двойную насечку: основную — под углом  $25^\circ$ , вспомогательную — под углом  $45^\circ$ .

Для обеспечения высокого качества опилования необходимо правильно выбирать профиль поперечного сечения, длину и насечку напильника.

Профиль поперечного сечения напильника выбирается в зависимости от формы опиловываемой поверхности:

- *плоский, плоская сторона полукруглого* — для опилования плоских и выпуклых криволинейных поверхностей;
- *квадратный, плоский* — для обработки пазов, отверстий и проемов прямоугольного сечения;
- *плоский, квадратный, плоская сторона полукруглого* — при опиловании поверхностей, расположенных под углом  $90^\circ$ ;
- *трехгранный* — при опиловании поверхностей, расположенных под углом более  $60^\circ$ ;
- *ножовочный, ромбический* — для опилования поверхностей, расположенных под углом более  $10^\circ$ ;
- *трехгранные, круглые, полукруглые, ромбические, квадратные, ножовочные* — для распиливания отверстий (в зависимости от их формы).

Длина напильника зависит от вида обработки и размеров обрабатываемой поверхности и должна составлять:

- для опилования тонких пластин — 100... 160 мм;
- для опилования поверхностей с длиной обработки до 50 мм — 160... 250 мм, с длиной обработки до 100 мм — 250... 315 мм, с длиной обработки более 100 мм — 315... 400 мм;
- для распиливания отверстий в деталях толщиной до 10 мм — 100... 200 мм;
- для чернового опилования — 315... 400 мм;

Рис. 1.27. Рукоятка для напильника



- при доводке (надфили) — 100... 160 мм.

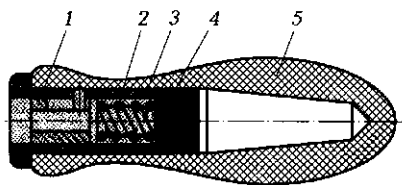
Номер насечки выбирается в зависимости от требований к шероховатости обработанной поверхности.

Для удобного держания и обеспечения безопасности напильники снабжаются рукояткой, которая изготавливается из дерева или пластмассы. Рукоятки бывают одноразовыми или многократного применения. Деревянные одноразовые рукоятки (рис. 1.27) напильников выполняют из березы или липы. Поверхность рукоятки должна быть чистой и ровной. Для предупреждения раскалывания при установке на хвостовик напильника рукоятка снабжается специальным металлическим кольцом, установленным на ее шейке. В рукоятке просверливается отверстие под хвостовик напильника. При закреплении хвостовик напильника вставляют в отверстие, затем, ударя головкой рукоятки по верстаку или тискам, добиваются его плотного вхождения в отверстие рукоятки. Запрещается насаживание рукоятки ударами молотка по носку напильника, так как это может привести к травме.

Представляет интерес быстросменная пластмассовая рукоятка многократного использования, показанная на рис. 1.28. Внутри пластмассового корпуса 5 рукоятки запрессован металлический стакан 3, дном которого служит гайка 4 с термически обработанной резьбой. В стакан помещены пружина 2 и втулка 1 с пазом. От проворачивания и выпадения из рукоятки втулку предохраняет штифт, ввинченный в стакан. Относительно стакана втулка может двигаться только поступательно. Для установки рукоятки на напильник в нее вводят хвостовик. Рукоятку вращают, при этом гайка 4 навинчивается на хвостовик. Второй точкой опоры хвостовика является втулка, поджимаемая пружиной.

Рис. 1.28. Быстросменная рукоятка для напильника:

- 1 — втулка; 2 — пружина; 3 — стакан;  
4 — гайка; 5 — корпус



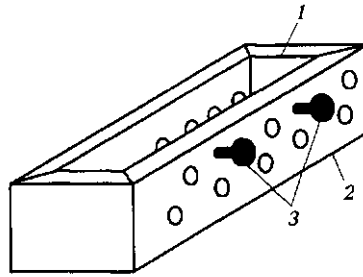


Рис. 1.29. Рамка:

1 — перегородка; 2 — рабочая пластина; 3 — винты

При опиливании узких плоских поверхностей заготовок и деталей малой длины (8... 10 мм) и небольшой толщины (до 4 мм) возникают значительные трудности при закреплении их в тисках, поэтому для опиливания таких поверхностей применяются специальные приспособления: рамки, рамочные наметки, плоскопараллельные наметки, раздвижные параллели. Они изготавливаются с высокой степенью точности и имеют качественно обработанные, закаленные и шлифованные рабочие поверхности. При опиливании заготовок и деталей сложных контуров используются кондукторы. Все эти приспособления позволяют не только повысить качество обработки поверхностей, но и увеличить производительность труда при опиливании.

**Рамка** (рис. 1.29) состоит из двух рабочих пластин 2, соединенных между собой перегородками 1. Размеченную заготовку вставляют в рамку, предварительно прижимая ее к внутренней стенке одной из пластин винтами 3. Фиксируют установку, добиваясь совпадения риски на заготовке с рабочей поверхностью рамки, после чего заготовку окончательно закрепляют винтами 3. Рамку с закрепленной в ней заготовкой зажимают в тисках и опиливают заготовку до уровня рабочей поверхности рамки. Поскольку рабочая поверхность рамки закалена и имеет большую твердость, напильник по ней будет проскальзывать, и заготовка будет обработана точно по уровню рабочей поверхности рамки.

**Плоскопараллельные наметки** (рис. 1.30) представляют собой закаленную пластину с двумя выступающими под прямым углом буртиками. Такие наметки позволяют опиливать четыре стороны заготовки под углом  $90^\circ$  без проверки правильности углов угольником во время опиливания. Наметку устанавливают в тисках так, чтобы она легла выступающим буртиком 1 на неподвижную



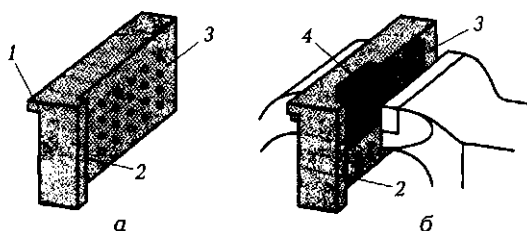


Рис. 1.30. Плоскопараллельные наметки:

*а* — наметка; *б* — наметка в тисках с заготовкой; 1 и 2 — буртики; 3 — рабочая плоскость; 4 — заготовка

губку. После этого подлежащую обработке заготовку 4 устанавливают между подвижной губкой тисков и рабочей плоскостью 3 наметки. При этом ее положение определяется буртиком 2, в который упирается базовая кромка заготовки. Слегка закрепив заготовку в тисках, ее устанавливают так, чтобы разметочные риски совпали с рабочей плоскостью наметки, затем заготовку с наметкой закрепляют в тисках окончательно. В наметке также имеются отверстия, которые используют для крепления упорных планок винтами.

**Раздвижные параллели** (рис. 1.31) представляют собой две планки, перемещающиеся в двух прямоугольных направляющих. Раздвижение и сближение планок, а также зажим заготовок производится двумя винтами. В параллелях можно обрабатывать до 10 пластин толщиной до 4 мм каждая. Опиливание в этом приспособлении выполняется так же, как и в наметке рамочного типа.

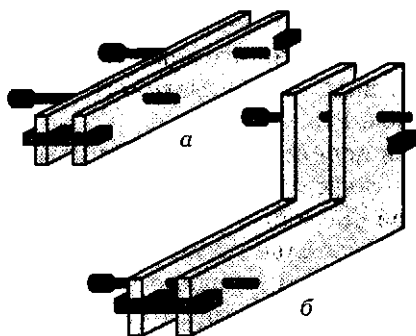


Рис. 1.31. Раздвижные параллели:

*а* — прямоугольные; *б* — угловые

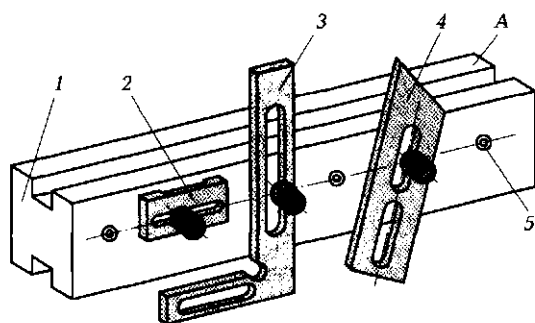


Рис. 1.32. Опиловочная призма:

1 — корпус; 2 — прижим; 3 — угольник; 4 — линейка; 5 — резьбовое отверстие; А — направляющая плоскость призмы

**Кондукторы** — это копирующее приспособление, обработка по которому позволяет воспроизвести требуемый контур детали с точностью до 0,05 мм. Подлежащую обработке заготовку устанавливают в кондуктор и вместе с ним зажимают в тисках, а затем выступающую над кондуктором рабочую часть заготовки опиливают до уровня его рабочей поверхности.

**Опиловочная призма** (рис. 1.32) состоит из корпуса 1, на боковой поверхности которого жестко закрепляют прижим 2, угольник 3 и линейку 4. Угольник и линейка обеспечивают правильную установку обрабатываемой заготовки, а прижим — ее закрепление. Поверхность А корпуса призмы служит направляющей для напильника, т.е. является ее рабочей поверхностью. Призма с установленной в ней заготовкой закрепляется в тисках.

При работе напильником насечка засоряется опилками, поэтому напильник следует очищать перед дальнейшим использованием. Метод очистки напильников от опилок и других продуктов обработки зависит от вида обрабатываемого материала и состояния поверхности напильника:

- после обработки дерева, каучука и фибры напильник следует опустить в горячую воду на 10... 15 мин, а потом очистить стальной корцовой щеткой;
- после обработки напильниками мягких материалов (свинца, меди, алюминия) насечку очищают корцовой щеткой;
- замасленные напильники натирают куском древесного угля, затем чистят корцовой щеткой. Масло с поверхности напильника можно удалить раствором каустической соды с последующей промывкой и чисткой.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. От чего зависит выбор положения заготовки при разметке?
2. Почему угол заточки зубила увеличивается по мере увеличения твердости обрабатываемого материала?
3. В каких случаях и с какой целью перед началом рубки на кромках деталей выполняют фаски?
4. Почему при рубке листового материала на плите режущая кромка зубила должна иметь криволинейную форму?
5. Почему при правке металла рекомендуется применять молоток с круглым, а не с квадратным бойком?
6. Почему при правке мягких материалов и тонких листов рекомендуется использовать прокладки?
7. Почему расчет длины заготовки для последующей гибки производят по длине нейтральной линии?
8. В каких случаях и почему при гибке используют молотки с мягкими вставками?
9. Почему при пользовании ручной ножовкой необходимо следить за тем, чтобы в процессе резания участвовало не менее двух-трех зубьев?
10. Какую роль выполняет смазка, наносимая в зону резания, при разрезании труб труборезом?
11. Назовите преимущества раздвижного ножовочного станка по сравнению с цельным.
12. Какие параметры обрабатываемой заготовки необходимо учитывать при выборе напильника для обработки?
13. В чем сущность балансировки напильника при обработке плоских широких поверхностей?
14. Как обеспечить повышение качества обработанной поверхности при чистовой обработке?
15. Как зависит качество обработанной поверхности от номера насечки напильника?
16. Как выбрать напильник для обработки вогнутых поверхностей?

# СВАРНЫЕ ШВЫ И СОЕДИНЕНИЯ

## 2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И СВАРНЫХ ШВОВ

*Сварным соединением* называется неразъемное соединение, выполненное сваркой. В сварное соединение входят сварной шов, зона термического влияния и примыкающие к ней участки основного металла.

*Зона термического влияния при сварке* — это участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, структура и свойства которого изменились в результате нагрева при сварке.

Сварные соединения (рис. 2.1) бывают следующих видов:

- стыковые;
- угловые;
- торцевые;
- нахлесточные;
- тавровые.

*Стыковое соединение* — это соединение двух элементов, примыкающих друг к другу торцевыми поверхностями (рис. 2.2).

Стыковое соединение без скоса свариваемых кромок применяют при соединении листов толщиной до 12 мм; при этом кромки листов срезают под прямым углом к плоскости. Листы до 4 мм сваривают односторонним швом, 2... 12 мм — двухсторонним швом. Подготовка

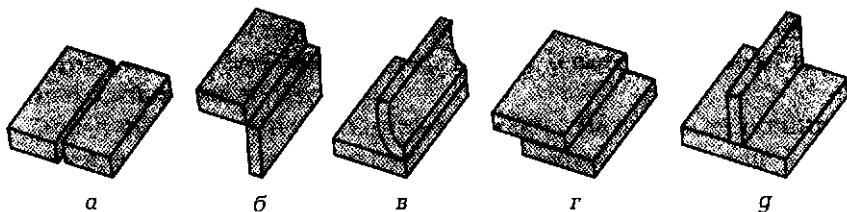


Рис. 2.1. Основные виды соединений:

а — стыковое; б — угловое; в — торцевое; г — нахлесточное; г — тавровое

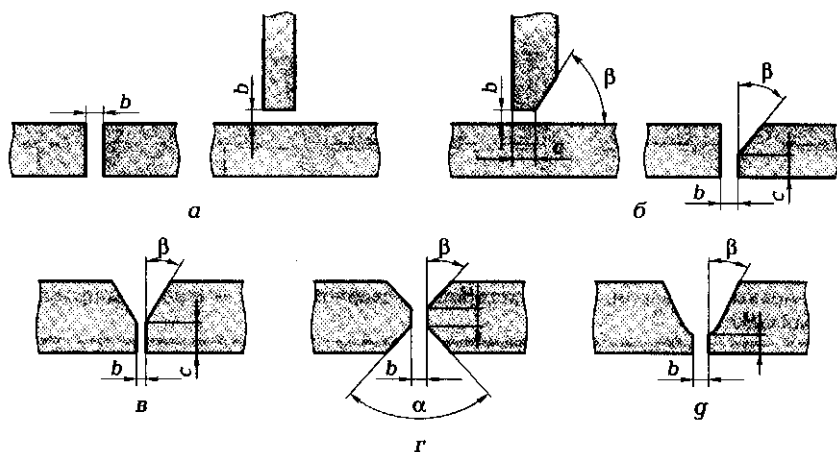


Рис. 2.2. Конструктивные элементы разделки кромок под сварку:

*a* — без разделки кромок; *б* — с разделкой кромок одной детали; *в* — V-образная разделка кромок; *г* — X-образная разделка; *г* — U-образная разделка; *b* — зазор; *c* — притупление;  $\beta$  — угол скоса кромок;  $\alpha$  — угол разделки кромок

к сварке такого соединения несложна и недорога, она предусматривает только стыковку свариваемых кромок.

Двухсторонний сварной шов повышает прочность сварного соединения, однако приложение значительных долговременных нагрузок из-за наличия непроваренного участка в корне шва может привести к разрушению соединения. Полное проплавление достигается при одностороннем сварном шве при толщине металла до 4 мм. При двухстороннем сварном шве полное проплавление обеспечивается при толщине металла до 8 мм.

В стыковых соединениях без скоса свариваемых кромок с зазором намного легче, чем в стыковых соединениях без зазора, обеспечить полный провар. Это позволяет производить сварку металла большей толщины. Следует отметить, что в случае получения непровара прочность стыкового соединения будет такой же, как и у соединения без зазора. В случае приложения достаточной нагрузки эти сварные соединения будут иметь одинаковую вероятность разрушения. Полное проплавление достигается при одностороннем сварном шве при толщине металла менее 5 мм. При двухстороннем сварном шве полное проплавление обеспечивается при толщине металла до 12 мм.

Стыковое соединение со скосом кромок — наиболее распространенное соединение. Оно намного превосходит по ка-

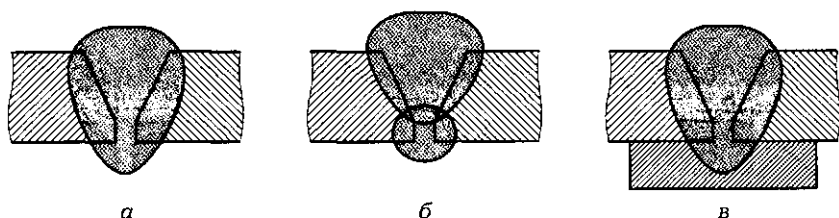


Рис. 2.3. Стыковое соединение со скосом кромок:

*а* — с полным проваром; *б* — двухсторонний сварной шов; *в* — с полным проваром на подкладке

честву шва стыковое соединение без скоса кромок и применяется для сварки ответственных конструкций. Стыковые соединения со скосом кромок позволяют сваривать металл толщиной 3... 100 мм. Стоимость подготовки таких соединений и расход электродов при их сварке превышают аналогичные показатели для стыковых швов без скоса свариваемых кромок.

При одностороннем сварном шве необходимо обеспечить гарантированный провар корня шва (рис. 2.3, *а*), в противном случае в условиях приложения значительной нагрузки может произойти разрушение соединения.

Двухсторонний сварной шов (рис. 2.3, *б*) может производиться только в тех случаях, когда имеется возможность доступа к обратной стороне шва. В этом случае гораздо легче обеспечить гарантированный провар на всю толщину сварного соединения. При использовании подкладок (рис. 2.3, *в*) появляется возможность повысить скорость сварки и применять электроды большего диаметра, особенно при выполнении первого или корневого прохода.

Стыковые соединения с двумя симметричными скосами кромок применяются для конструкций, работающих в исключительно тяжелых условиях эксплуатации. Они используются для получения сварных соединений металла толщиной 8... 120 мм.

При выполнении стыкового соединения с двумя симметричными скосами кромок (рис. 2.4) необходимо обеспечить гарантированный провар корня шва. Для этого перед наложением второго шва нужно произвести зачистку корня первого шва.

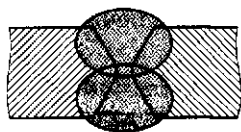


Рис. 2.4. Стыковое соединение с двумя симметричными скосами кромок

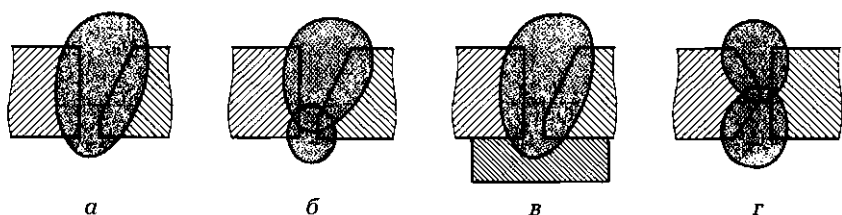


Рис. 2.5. Стыковое сварное соединение со скосом одной кромки (а—в) и двумя симметричными скосами одной кромки (г)

Двухсторонний шов стыкового соединения с двумя симметричными скосами кромок позволяет достичь более равномерного распределения теплоты в соединении, что снижает концентрацию напряжений в свариваемом изделии.

Кроме того, такая разделка обеспечивает меньшую величину деформаций после сварки.

Стыковые соединения со скосом одной кромки (рис. 2.5, а—в) и с двумя симметричными скосами одной кромки (рис. 2.5, г) могут применяться в конструкциях, силовые нагрузки на которые, а также толщина металла сходны с конструкциями, для которых используются стыковые соединения со скосом кромок.

Стыковое соединение с криволинейным скосом кромок применяется для особо ответственных конструкций, таких как нагреваемые сосуды высокого давления. Стоимость выполнения таких соединений выше, чем соединений со скосом кромок и соединений с двумя симметричными скосами кромок, однако для сварки соединений с криволинейным скосом кромок необходимо меньшее количество электродов и, соответственно, меньший расход электроэнергии. Стыковое соединение с криволинейным скосом кромок применяется для сварки металла толщиной 15... 100 мм.

Полное сплавление корня шва легче обеспечить при сварке соединения с двух сторон (рис. 2.6, а) и при сварке соединения на подкладке (рис. 2.6, б), чем при одностороннем шве с полным проваром (рис. 2.6, в). Для получения необходимых эксплуатационных свойств такого соединения необходимо гарантированное проплавление корня сварного шва.

Стыковое соединение с двумя симметричными криволинейными скосами кромок применяется для конструкций, в которых используется разделка с криволинейным скосом кромок, при этом сваривается металл большей толщины и сварка произво-



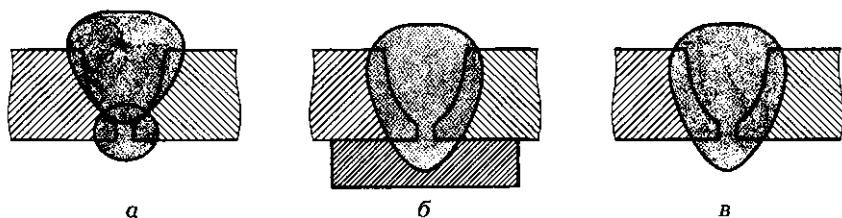


Рис. 2.6. Стыковое сварное соединение с криволинейным скосом кромок: а — с двухсторонним сварным швом; б — с полным проваром на подкладке; в — с полным проваром

дится с двух сторон. Толщина свариваемого металла — 30... 175 мм. Внешний вид данного соединения показан на рис. 2.7.

Стыковые соединения с криволинейным скосом одной кромки (рис. 2.8, а—в) и с двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки (рис. 2.8, г) применяются в тех же случаях, что и стыковые соединения с двумя симметричными криволинейными скосами кромок, но при условиях приложения меньших нагрузок.

**Угловое соединение** — это сварное соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев (рис. 2.9).

Угловые соединения осуществляют при расположении свариваемых элементов под прямым или произвольным углом, и сварка выполняется по кромкам этих элементов с одной или с обеих сторон.

Угловые соединения применяют при сварке различных коробчатых изделий, резервуаров и емкостей.

Угловое соединение без скоса кромок с торцевым швом (рис. 2.10, а) обычно применяют для сварки тонкого металла. Более толстые соединения могут выполняться только в том случае, если во время эксплуатации они не будут подвергаться значительным нагрузкам или изгибу в корневой части шва. Для получения данного типа соединения не требуется никакой подготовки кромок, сборка таких соединений предельно проста.

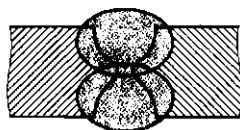


Рис. 2.7. Стыковое соединение с двумя симметричными криволинейными скосами кромок

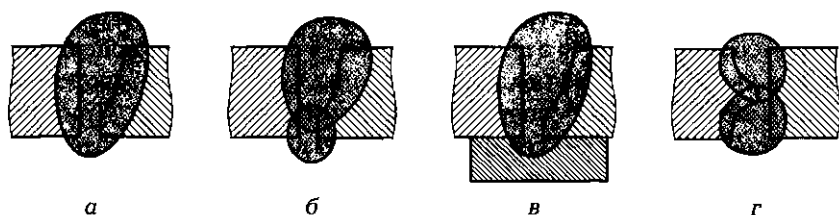


Рис. 2.8. Стыковое соединение с криволинейным скосом одной кромки (а–в) и двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки (г)

Угловое соединение без скоса кромок с частичным перекрытием элементов (рис. 2.10, б) может применяться для металла толщиной до 30 мм.

Данное соединение образует разделку и позволяет обеспечить хорошее проплавление в корне шва, а также хороший внешний вид сварного шва.

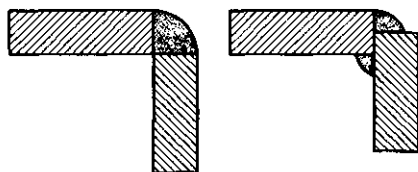


Рис. 2.9. Угловое соединение

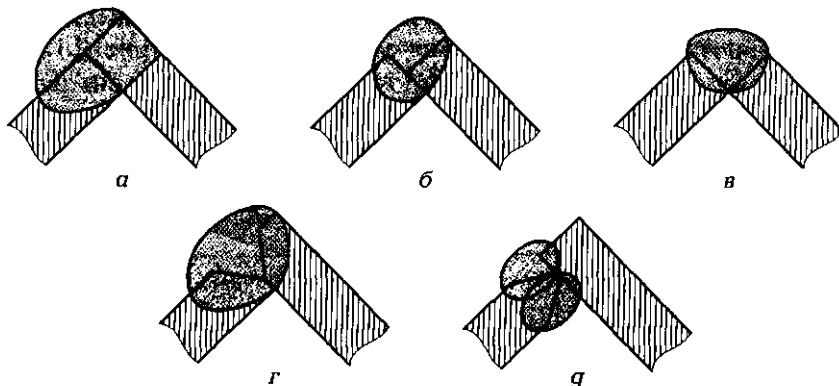


Рис. 2.10. Виды угловых соединений:

а — без скоса кромок с торцевым швом; б — без скоса кромок с частичным перекрытием элементов; в — без скоса кромок без взаимного перекрытия элементов; г — со скосом кромок; д — с двумя симметричными скосами одной кромки

Угловое соединение без скоса кромок без взаимного перекрытия элементов (рис. 2.10, в) может быть использовано для сварки металла большой толщины. В случае односторонней сварки необходимо обеспечить проплавление корня шва. При двухсторонней сварке такое соединение может выдержать значительные нагрузки. В нем равномерно распределены сварочные напряжения. Кромки должны иметь перпендикулярные торцы после обрезки, для сборки необходимы соответствующие зажимы и кондуктора.

Угловое соединение со скосом кромок (рис. 2.10, г) обладает большой прочностью и применяется для сварки металла толщиной 3...60 мм. При невозможности двухсторонней сварки следует обращать внимание на провар корня шва. Стоимость подготовки углового соединения со скосом кромок выше, чем без скоса кромок и без взаимного перекрытия.

Угловое соединение с двумя симметричными скосами одной кромки (рис. 2.10, г) применяется для конструкций, работающих в тяжелых условиях, для металла толщиной 8...100 мм. Сварка выполняется с двух сторон. Необходимо обеспечить хорошее проплавление в корне шва.

**Торцевое соединение** — это сварное соединение, в котором боковые поверхности сваренных элементов примыкают друг к другу (рис. 2.11).

Торцевые соединения не предназначены для нагруженных элементов конструкций и не должны использоваться в сварных изделиях, подвергаемых растяжению или изгибу в корневой части. Очень глубокое проплавление для данного соединения невозможно (рис. 2.12, а, б). Иногда для увеличения глубины проплавления применяют торцевые соединения со скосом кромок (рис. 2.12, в).

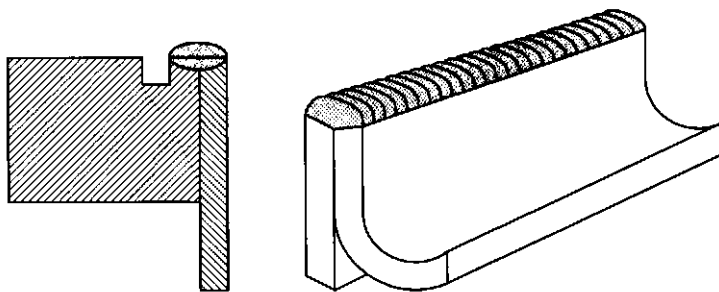


Рис. 2.11. Торцевое соединение

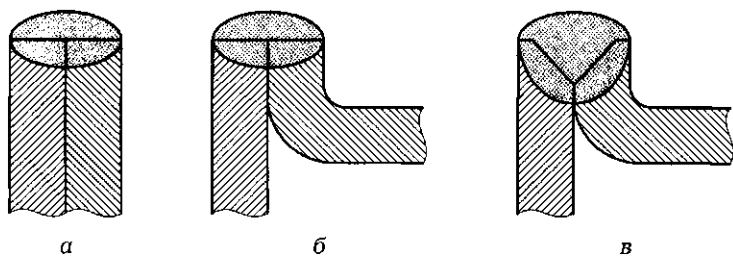


Рис. 2.12. Виды торцевого соединения:

*а* — обычное; *б* — с отгибом одной кромки; *в* — со скосом кромок

Торцевые соединения обычно применяются для металлов, имеющих толщину до 6 мм.

**Нахлесточное соединение** — это сварное соединение, в котором сваренные элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга (рис. 2.13).

При обычных работах применяют нахлесточное соединение с одним угловым швом (рис. 2.13, *а*), хотя оно менее прочно, чем нахлесточное соединение с двумя угловыми швами (рис. 2.13, *б*). Если корень соединения будет подвергаться изгибу, применять нахлесточное соединение с одним угловым швом не рекомендуется. При сварке угловых швов нахлесточного соединения необходимо обеспечить провар корня шва. Нахлесточные соединения, хотя и применяются широко, но при больших нагрузках все же не могут конкурировать со стыковыми соединениями.

**Тавровое соединение** — это сварное соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента (рис. 2.14).

Тавровые соединения без скоса кромок (рис. 2.15, *а, б*) могут применяться при сварке металла толщиной до 40 мм. Эти соединения не требуют какой-либо подготовки кромок, их сборка

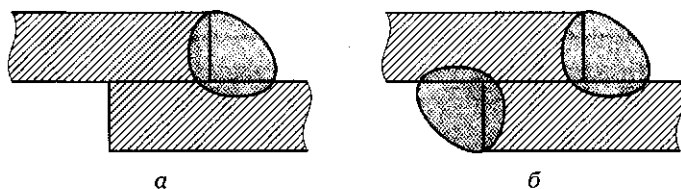


Рис. 2.13. Виды нахлесточных соединений:

*а* — с одним угловым швом; *б* — с двумя угловыми швами

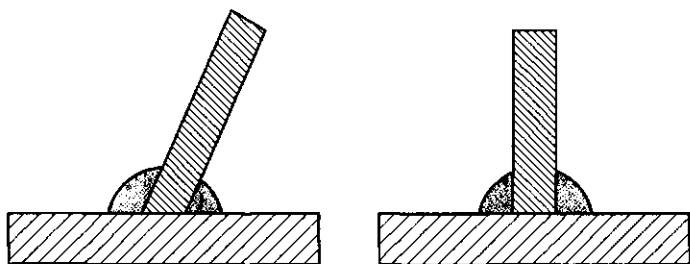


Рис. 2.14. Тавровые соединения

проста и экономична. Тавровое соединение с двухсторонним швом (рис. 2.15, в) способно противостоять значительным нагрузкам. Тавровые соединения с односторонним швом (см. рис. 2.15, а) плохо работают в условиях изгиба относительно корня шва, поэтому применять их следует с осторожностью.

Тавровые соединения со скосом одной кромки обладают большей прочностью, чем тавровое соединение без скоса кромок. Тавровое соединение со скосом кромок используется для сварки металла толщиной 3... 60 мм. При невозможности двухсторонней сварки (см. рис. 2.15, в) следует обращать внимание на обеспечение полного провара в корневой части шва. В этом случае соединение сможет работать на изгиб. При наличии возможности проведения двухсторонней сварки (рис. 2.15, г) несущая способность соединения значительно увеличивается.

Тавровые соединения с двумя симметричными скосами одной кромки (рис. 2.15, г) применяются для конструкций, работающих в тяжелых условиях, для металла толщиной 8... 100 мм. Сварка выполняется с двух сторон. Необходимо обеспечить хорошее проплавление в корне шва.

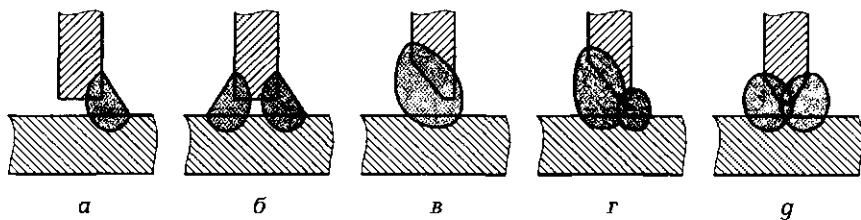


Рис. 2.15. Тавровые соединения без скоса кромок (а, б), со скосом одной кромки (в, г) и двумя симметричными скосами одной кромки (д)

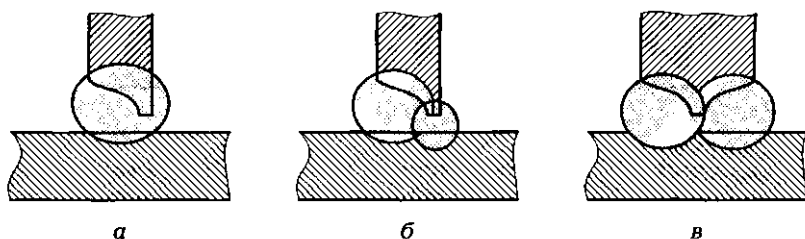


Рис. 2.16. Тавровые соединения со скосом одной кромки (а, б) и двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки (в)

Тавровые соединения с криволинейным скосом одной кромки используются для наиболее жестких условий эксплуатации, для металла толщиной 15... 100 мм. При выполнении односторонней сварки следует обращать внимание на обеспечение полного провара в корневой части шва (рис. 2.16, а). При наличии возможности проведения двухсторонней сварки (рис. 2.16, б) эффективность работы соединения можно существенно повысить за счет наложения второго шва со стороны неразделанной кромки. В этом случае значительно уменьшится вероятность разрушения данного соединения в результате приложения нагрузки к нему в области корня шва.

Тавровые соединения с двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки (рис. 2.16, в) могут выдержать самые жесткие условия нагружения. Они применяются для металла толщиной 30... 120 мм. Сварщику необходимо обеспечить двухстороннюю сварку соединения. Для получения высоких прочностных характеристик в условиях значительных нагрузок необходимо наличие хорошего провара в корневой части шва и сплавления с поверхностью.

## 2.2. ТИПЫ СВАРНЫХ ШВОВ

**Сварным швом** называется участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла или пластической деформации при сварке давлением или сочетания кристаллизации и деформации. Сварные швы классифицируют по назначению, конструктивному признаку, протяженности, положению относительно действующей силы и положению в пространстве.

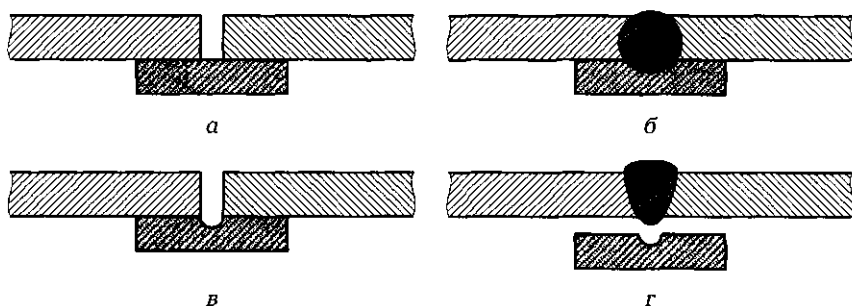


Рис. 2.17. Стыковой шов на остающейся (а, в) и съемной (б, г) подкладке

По назначению швы подразделяют на рабочие и конструктивные, или связующие. **Рабочие швы** воспринимают расчетные усилия, их размеры определяются расчетом. **Конструктивные, или связующие, швы** служат для соединения элементов, прикрепления конструктивных деталей, устранения зазоров и берутся минимального сечения.

По конструктивному признаку швы подразделяются на стыковые, угловые и точечные.

**Стыковой шов** — это сварной шов стыкового соединения. Стыковые швы осуществляются при соединении элементов, расположенных обычно в одной плоскости, путем заполнения прищадочным материалом пространства между деталями. При сварке элементов небольшой толщины для полного провара достаточно оставить между кромками зазор, равный  $\frac{1}{3}$  толщины металла, при этом стыковой шов может быть как на остающейся (рис. 2.17, а, в), так и на съемной подкладке (рис. 2.17, б, г).

При большой толщине металла, чтобы достичь хорошего провара по всей глубине шва, необходимо специально обработать кромки свариваемых элементов — произвести разделку кромок, при этом шов может состоять из одного или нескольких валиков, наплавленных в разделку (рис. 2.18).

Валиком называется металл сварного шва, наплавленный или переплавленный за один проход. Первый валик (см. рис. 2.18), наплавленный в разделку, называют корневым проходом 1 или иногда корневым швом. Последующие валики образуют заполняющие слои 2...4. При двухстороннем сварном шве меньшая часть двухстороннего шва, выполняемая предварительно для предотвращения прожогов при последующей сварке или накладываемая в последнюю очередь в корень шва, называется подварочным швом 5.



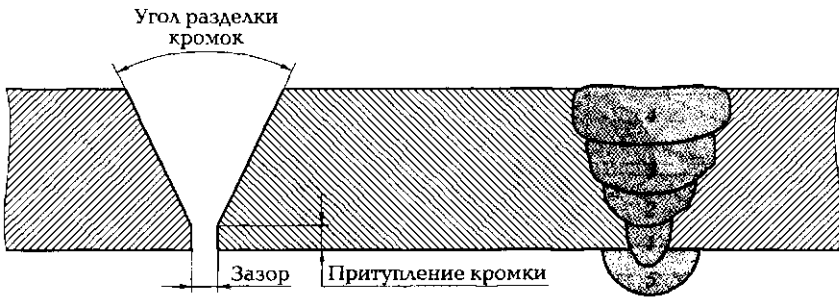


Рис. 2.18. Стыковой шов с разделкой кромок:

1 — корневой проход; 2...4 — заполняющие слои; 5 — подварочный шов

Стыковые швы должны иметь с обеих сторон выпуклость в виде наплывов, имеющих плавное очертание и по возможности наибольшую высоту. Выпуклость компенсирует неровность наружной поверхности шва и возможные ослабления (поры, шлаковые включения) внутренней части.

Стыковой шов является основным и наиболее экономичным сварным соединением. Он передает усилие равномерно по всему сечению с наименьшими местными напряжениями, что делает его особенно целесообразным при вибрационной и динамической нагрузках. Недостатками стыкового шва являются производственные трудности в осуществлении равномерного зазора по всей длине соединяемых элементов, дополнительные расходы на обработку кромок, необходимость точной резки элементов.

**Угловой шов** — это сварной шов углового, нахлесточного или таврового соединения. Угловые швы накладывают в угол, образованный соединяемыми элементами, расположенными в разных плоскостях, и могут состоять из одного или нескольких валиков (рис. 2.19).

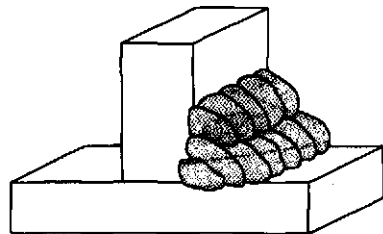


Рис. 2.19. Угловой шов, образованный несколькими валиками

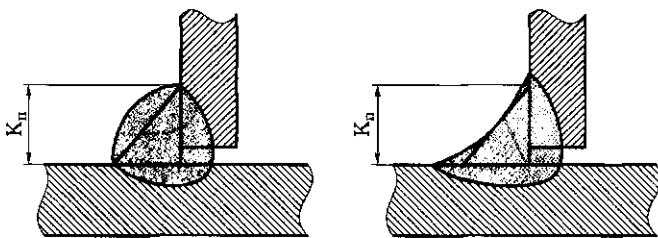


Рис. 2.20. Проектная величина катета  $K_n$  угловых швов

Нормальный угловой шов имеет вид равнобедренного треугольника, имеющего небольшую выпуклость. В соединениях, воспринимающих динамические усилия, угловые швы должны быть с вогнутой поверхностью. Стандартом допускается выпуклость и вогнутость углового шва до 30 % его катета. При этом вогнутость не должна приводить к уменьшению значения катета  $K_n$  (величина катета углового шва, установленная при проектировании). Проектной величиной катета ( $K_n$ ) является катет наибольшего прямоугольного треугольника, вписанного во внешнюю часть углового шва (рис. 2.20). При симметричном шве за катет  $K_n$  принимается любой из равных катетов, при несимметричном шве — меньший.

**Точечным швом** называется сварной шов, в котором связь между сваренными частями осуществляется сварными точками. Сварная точка — это элемент точечного шва, представляющий собой в плане круг или эллипс.

Точечные швы применяются для сварки нахлесточных соединений с отверстием в верхнем элементе (рис. 2.21). Отверстие может быть с вертикальными стенками или иметь скос кромки. Данный тип сварных швов не получил широкого распространения.

По протяженности сварные швы подразделяют на непрерывные, прерывистые и прихватки.

**Непрерывный шов** — это сварной шов без промежутков по длине. Непрерывный шов проходит по всей длине соединения, от одного конца к другому. В конструкциях, предназначенных обеспе-

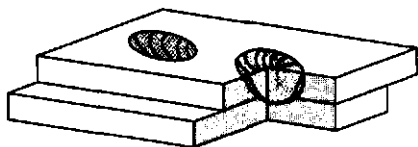
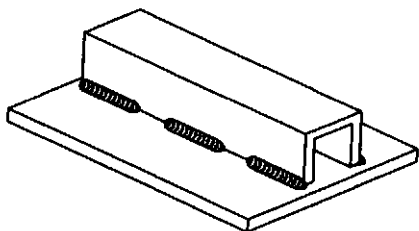


Рис. 2.21. Точечный шов нахлесточного соединения

Рис. 2.22. Прерывистый шов



чить максимальную прочность и герметичность, все швы следует выполнять непрерывными.

**Прерывистый шов** — это сварной шов с промежутками по длине (рис. 2.22). Прерывистые швы не применяют в тех случаях, когда от конструкции требуется максимальная прочность или герметичность. Однако на неответственных конструкциях (сварка ограждений, настила и т.д.) использование прерывистых швов может дать ощутимый экономический эффект, и стоимость проведения сварочных работ может быть значительно снижена.

Прерывистый шов обычно применяют для сварки нахлесточных и тавровых соединений. Иногда прерывистые швы используются для стыковых соединений без разделки кромок и практически никогда не применяются для стыковых соединений с разделкой кромок. Разновидностью прерывистых швов являются цепной прерывистый шов и шахматный прерывистый шов.

Цепной прерывистый шов — это двухсторонний прерывистый шов, у которого промежутки расположены по обеим сторонам стенки один против другого (рис. 2.23, а).

Шахматный прерывистый шов — это двухсторонний прерывистый шов, у которого промежутки на одной стороне расположены против сваренных участков шва с другой ее стороны (рис. 2.23, б).

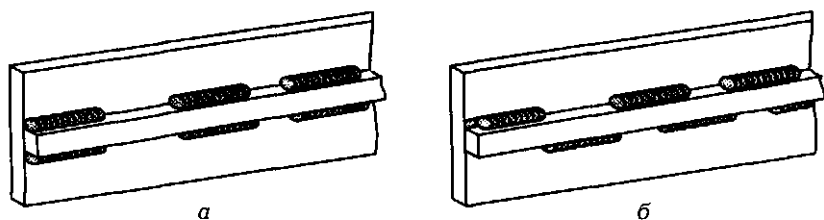


Рис. 2.23. Цепной прерывистый (а) и шахматный прерывистый (б) швы

**Прихватка** — это короткий сварной шов для фиксации взаимного расположения подлежащих сварке деталей. В процессе сборки возникает необходимость присоединения какого-то элемента к основной конструкции перед его сваркой. Это обеспечивается путем наложения серии коротких швов, расположенных друг от друга на некотором расстоянии.

Прихватки должны быть достаточно прочными, для того чтобы удержать элемент в нужном положении и не разрушиться под действием деформаций, возникающих при сварке изделия. Количество и сечение прихваток определяются толщиной свариваемого металла, протяженностью шва, нагрузкой от холодной обработки, которую придется выдержать прихваткам, а также от применяемой технологии сварки. Прихватки должны иметь хорошее проплавление в корневой части шва, хорошее сплавление с кромками, ровную и плоскую поверхность; не иметь выпуклостей и бугристостей на наружной поверхности. Прихватки рекомендуется выполнять с повышенным тепловложением.

По положению относительно действующей силы сварные швы подразделяются на лобовые, фланговые и косые (рис. 2.24).

**Лобовой стыковой шов** передает приложенное усилие равномерно по всему сечению с наименьшими местными напряжениями. Прочность соединения не зависит от типа разделки кромок свариваемых элементов и при правильном производстве работ практически одинакова.

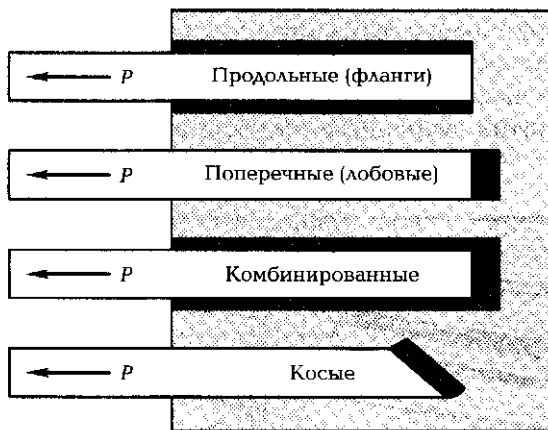


Рис. 2.24. Типы сварных швов по отношению к направлению действующих на них усилий  $P$

При превышении допустимых пределов нагрузки разрушение стыкового соединения может произойти как по шву, так и по основному металлу, поскольку наплавленный металл практически может не уступать по прочности основному.

Лобовой двухсторонний угловой шов нахлесточного соединения в большинстве случаев имеет неравномерное распределение нагрузки.

Наибольшее срезающее напряжение угловых швов, как лобовых, так и фланговых, получается по минимальному сечению шва, проходящему по биссектрисе угла шва. По этому сечению обычно и происходит разрушение угловых швов. При расчетах на срез по опасному сечению толщину углового шва принимают равной  $0,7K$ , где  $K$  — катет углового шва.

Статическая прочность **фланговых швов** несколько меньше, чем лобовых. Пластические свойства фланговых швов незначительны, и после появления у начала шва первой трещины разрушение происходит достаточно быстро.

При соединении лобовыми швами необходимо стремиться к осуществлению двухсторонней заварки. Нахлесточное соединение с односторонним швом имеет пониженную прочность вследствие большого влияния эксцентриситета.

При выполнении нахлесточных соединений только фланговыми швами необходимо, чтобы длина шва была больше ширины детали. При невозможности выполнения этого условия производят обварку по контуру как лобовыми, так и фланговыми швами. Обварка по контуру повышает прочность соединения по сравнению с лобовыми или фланговыми швами, но пересечение лобовых и фланговых швов — понижает. В углах создается повышенная концентрация напряжений, поэтому при обварке по контуру их желательно не сваривать (рис. 2,25).

В конструкциях, работающих на регулярное воздействие подвижных нагрузок или на вибрационные нагрузки, лобовые швы должны быть пологими, а фланговые швы — вогнутыми.

*По положению в пространстве* приняты следующие положения сварки (рис. 2,26): нижнее стыковое и «в лодочку»; нижнее тавровое; горизонтальное; потолочное стыковое; потолочное тавровое; вертикальное снизу вверх; вертикальное сверху вниз; наклонное под углом  $45^\circ$ .

Равновесие сварочной ванны в различных пространственных положениях определяется в основном действием трех сил: давления дуги, поверхностного натяжения жидкого металла сварочной ванны и веса сварочной ванны.

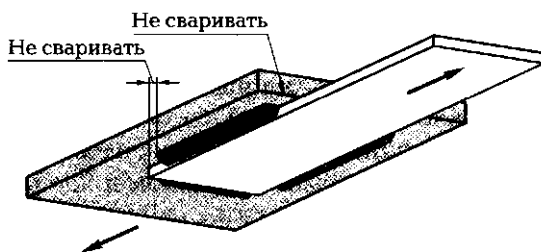


Рис. 2.25. Обварка детали по контуру

**Нижнее положение сварки** — положение, когда плоскость, в которой расположен шов сварного соединения, находится под углом от 0 до 10° по отношению к горизонтальной плоскости (рис. 2.27 и 2.28).

При сварке в нижнем положении поверхность сварочной ванны занимает горизонтальное положение, что создает наиболее благоприятные условия для формирования шва, так как жидкий металл удерживается на свариваемой поверхности под действием силы поверхностного натяжения.

**Горизонтальное положение сварки** — положение, при котором шов сварного соединения расположен на вертикальной поверх-

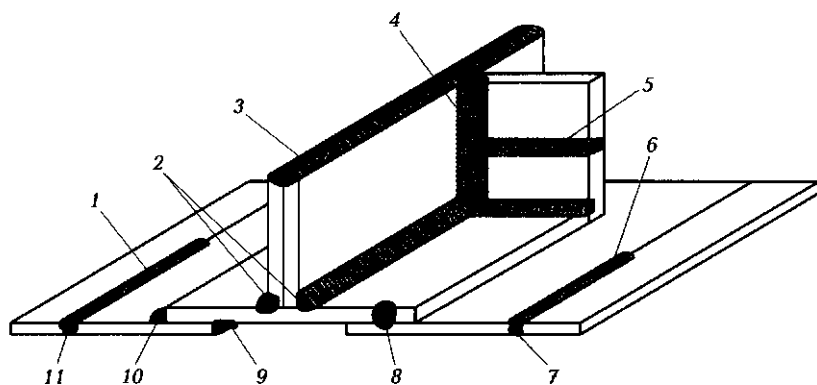


Рис. 2.26. Положение в пространстве различных видов сварных швов:

1 и 6 — горизонтальные; 2 — угловой; 3 — торцевой; 4 — вертикальный; 5 — горизонтальный на вертикальной поверхности; 7 и 11 — стыковые со скосом кромок двухсторонние; 8 — электрозащелка; 9 — потолочный; 10 — лобный шов соединения внахлестку

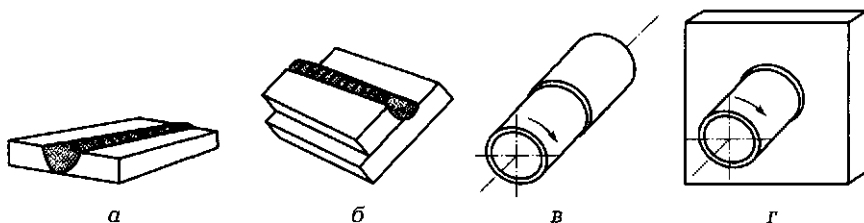


Рис. 2.27. Положение при сварке стыковых и тавровых швов:

*а* — нижнее стыковое; *б* — «в лодочку»; *в, г* — нижнее при горизонтальном расположении осей труб, свариваемых с поворотом

ности и находится под углом от 0 до 10° по отношению к горизонтальной плоскости (рис. 2.29).

**Вертикальное положение при сварке** — шов сварного соединения находится на вертикальной плоскости под углом  $(90 \pm 10)^\circ$  по отношению к горизонтальной плоскости.

**Сварка на подъем** — это сварка плавлением в наклонном положении, при котором сварочная ванна перемещается снизу вверх.

**Сварка на спуск** — это сварка плавлением в наклонном положении, при котором сварочная ванна перемещается сверху вниз.

**Сварка в вертикальном положении сверху вниз и на спуск** характеризуется тем, что направление силы тяжести жидкого металла и направление сварки совпадают, металл сварочной ванны подтекает под столб дуги, что уменьшает глубину проплавления. При сварке в вертикальном положении снизу вверх и на подъем направление силы тяжести жидкого металла противоположно на-

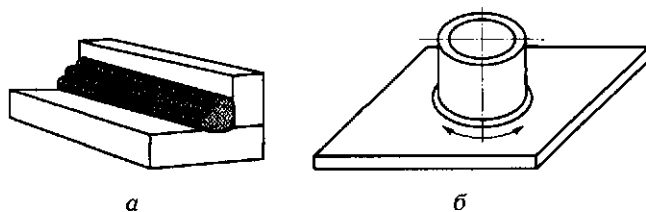


Рис. 2.28. Положение при сварке тавровых швов:

*а* — нижнее тавровое; *б* — нижнее при вертикальном расположении оси трубы, привариваемой без поворота или с поворотом

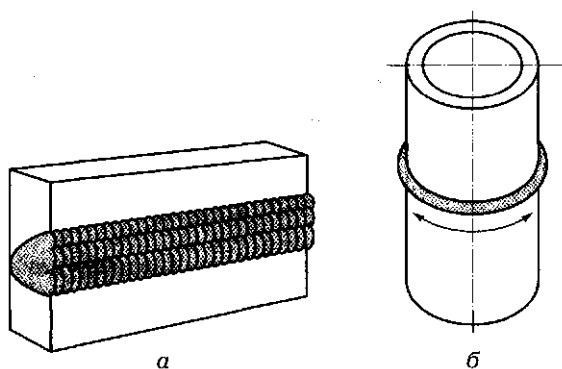


Рис. 2.29. Положение при сварке стыковых швов:

*a* — горизонтальное; *b* — горизонтальное при вертикальном расположении осей труб, свариваемых без поворота или с поворотом

правлению сварки, металл сварочной ванны вытекает из-под столба дуги, увеличивая при этом глубину проплавления.

**Наклонное положение сварки** — плоскость, на которой располагается сварной шов, находится под углом  $(45 \pm 10)^\circ$  по отношению к горизонтальной плоскости.

**Потолочное положение сварки** — это пространственное положение при сварке, когда последняя выполняется снизу соединения. При сварке в потолочном положении поверхность сварочной ванны занимает горизонтальное положение и металл ванны удерживается силами поверхностного натяжения и давления дуги.

Сварка в нижнем положении наиболее удобна и обеспечивает повышение скорости сварки, возможность применения электродов большего диаметра, дает лучшее качество шва и внешний вид сварных швов, потому при проектировании всегда необходимо предусматривать возможность сварки наибольшего количества нижних швов.

Потолочные швы расположены в горизонтальной плоскости, но накладываются снизу. Такая сварка наиболее трудоемка и может осуществляться только высококвалифицированными сварщиками, поэтому при проектировании ее по возможности следует избегать.

Сварка в вертикальном и потолочном пространственных положениях используется главным образом на тех предприятиях, где продукция крупногабаритная и не подлежит повороту.



## 2.3. ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СВАРНЫХ ШВОВ

Конструктивные элементы и размеры сварных соединений зависят от типа соединения, толщины свариваемого металла, способа и режима сварки.

Стыковой сварной шов с разделкой кромок характеризуется формой разделки. В тех участках, где стыкуемые кромки имеют разную толщину, толщиной сварного шва будет меньшая из толщин. Наплавленный металл, выступающий над поверхностью свариваемых деталей, называется **выпуклостью шва**.

Выпуклость сварного шва определяется расстоянием между плоскостью, проходящей через видимые линии границы сварного шва с основным металлом, и поверхностью сварного шва, измеренным в месте наибольшей выпуклости (рис. 2.30). Избыточная выпуклость является фактором, уменьшающим эксплуатационную прочность сварного шва.

**Вогнутость** углового и стыкового сварного шва или корня шва стыкового соединения приведет к уменьшению высоты шва и получению шва с уменьшенным сечением. Вогнутость сварного шва определяется расстоянием между плоскостью, проходящей через видимые линии границы шва с основным металлом, и поверхностью шва, измеренным в месте наибольшей вогнутости (рис. 2.31).

Ширина стыкового сварного шва не должна превышать допустимые пределы, указанные в соответствующих ГОСТах. Ширина

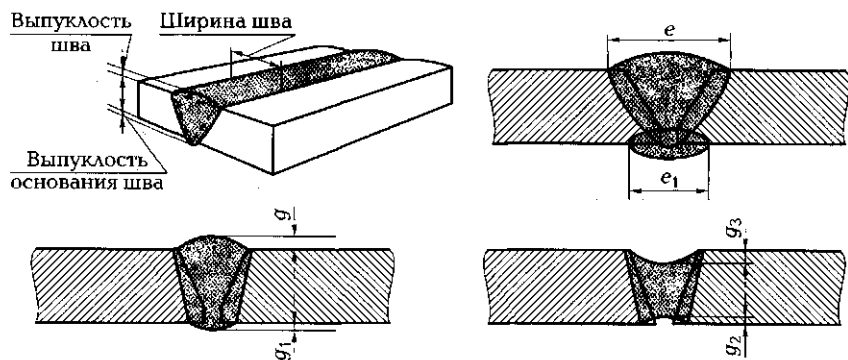


Рис. 2.30. Конструктивные элементы стыкового сварного шва:  
 $e, e_1$  — ширина шва;  $g, g_1$  — выпуклость шва;  $g_2, g_3$  — вогнутость шва

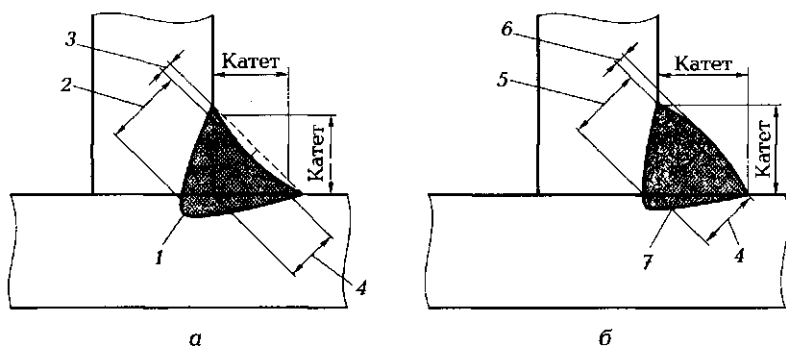


Рис. 2.31. Конструктивные элементы вогнутого (а) и выпуклого (б) угловых швов:

1 — основание шва; 2 — теоретическая высота углового шва; 3 — вогнутость; 4 — высота встроеного прямоугольного треугольника; 5 — толщина углового шва; 6 — выпуклость; 7 — наибольший встроеный во внешнюю часть шва прямоугольный треугольник

шва ориентировочно на 6 мм шире разделки с лицевой стороны соединения.

Размеры угловых швов обычно задаются через катет углового шва. **Катет углового шва** — кратчайшее расстояние от поверхности одной из свариваемых частей до границы углового шва на поверхности второй свариваемой части (см. рис. 2.31).

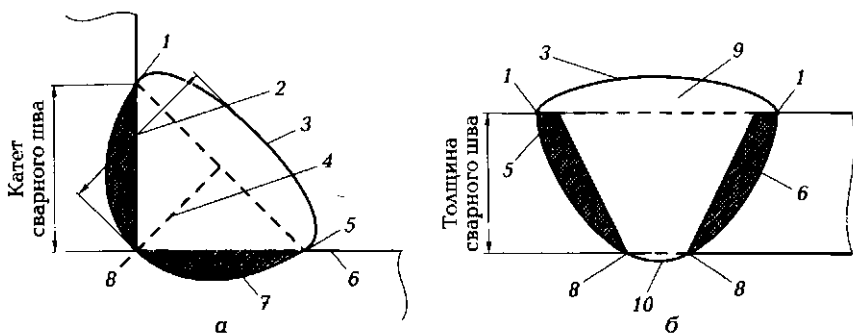


Рис. 2.32. Конструктивные элементы углового (а) и стыкового (б) сварных швов:

1 и 5 — граница наружной поверхности шва; 2 — фактическая толщина шва; 3 — лицевая поверхность; 4 — теоретическая толщина шва; 6 — исходная поверхность; 7 — провар (проплавление); 8 — корень; 9 — усиление; 10 — провар корня шва

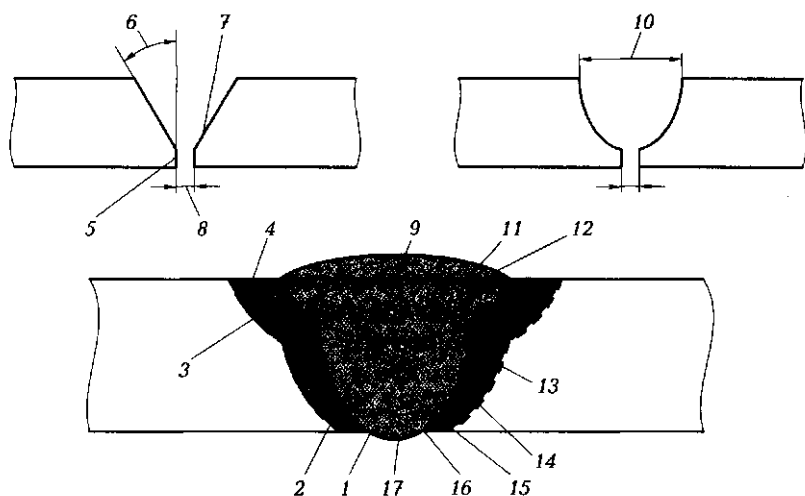


Рис. 2.33. Конструктивные элементы стыкового шва:

1 — основание шва; 2 и 3 — зоны сплавления соответственно 1-го и 2-го слоя; 4 — зона термического влияния при сварке 2-го слоя; 5 — притупление кромки; 6 — угол скоса кромки; 7 — скос кромки; 8 — зазор сварного шва; 9 — 2-й слой; 10 — ширина разделки; 11 — наружная поверхность шва; 12 — выпуклость стыкового шва; 13 — начало зоны сплавления; 14 — зона термического влияния при сварке 1-го слоя; 15 — 1-й слой; 16 — провар основания шва; 17 — выпуклость основного шва

При сварке с глубоким проплавлением размер угловых швов определяют через расчетную высоту углового шва. **Расчетная высота углового шва** — это длина перпендикуляра, опущенного из точки максимального проплавления в месте сопряжения свариваемых частей на гипотенузу наибольшего вписанного во внешнюю часть углового шва прямоугольного треугольника (см. рис. 2.31).

В некоторых случаях за основу параметров углового шва принимают толщину углового шва. **Толщина углового шва** — это наибольшее расстояние от поверхности углового шва до точки максимального проплавления основного металла (рис. 2.32).

В стыковых соединениях основными критериями являются высота шва и провар. **Провар** — это сплошная металлическая связь между свариваемыми поверхностями основного металла, слоями и валиками сварного шва. **Корень шва** — это часть сварного шва, наиболее удаленная от его лицевой поверхности.

При большой толщине свариваемого металла для улучшения провара применяют скос кромок. **Скос кромки** — это прямолинейный наклонный срез кромки, подлежащей сварке (рис. 2.33).

Наклон среза кромки определяется углом скоса кромки. **Угол скоса кромки** — это острый угол между плоскостью скоса кромки и плоскостью торца.

Для уменьшения вероятности прожога корня шва применяют разделку с притуплением кромки. **Притупление кромки** — это нескошенная часть торца кромки, подлежащей сварке (см. рис. 2.33).

Для улучшения провара корня шва сборку свариваемых деталей производят с зазором. **Зазор** — это кратчайшее расстояние между кромками собранных для сварки деталей.

## 2.4. УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Документ ЕСКД ГОСТ 2.312—72 устанавливает условные изображения и обозначения швов сварных соединений в конструкторских документах изделий всех отраслей промышленности, а также в строительной документации, в которой не использованы изображения и обозначения, применяемые в строительстве.

По ГОСТ 2.312—72 швы сварных соединений, независимо от способа сварки, условно изображают:

- **видимый** — сплошной основной линией;
- **невидимый** — штриховой линией;
- **видимую одиночную сварную точку** независимо от способа сварки — знаком «+», который выполняют сплошными линиями;
- **невидимые одиночные точки** не изображают.

От изображения шва или одиночной точки проводится линия-выноска, заканчивающаяся односторонней стрелкой. Линия-выноска обычно проводится от видимого шва, при необходимости — от невидимой стороны шва.

На изображениях сечения многопроходного шва контуры отдельных проходов обозначаются прописными буквами русского алфавита. Шов, размеры конструктивных элементов которого стандартами не установлены (нестандартный шов), изображается с указанием размеров конструктивных элементов, необходимых для выполнения шва по данному чертежу. Границы шва на чертежах изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва — сплошными тонкими линиями.

Условное обозначение шва наносят:

- на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны;
- под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны.

Обозначения шероховатости механически обработанной поверхности шва наносятся на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва, или указываются в таблице швов, или приводятся в технических требованиях чертежа, например: «Параметр шероховатости поверхности сварных швов...». Если для шва сварного соединения установлен контрольный комплекс или категория контроля шва, то их обозначение обычно помещается под линией-выноской.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение может наноситься у одного из изображений, от изображений остальных одинаковых швов проводятся линии-выноски с полками. Всем

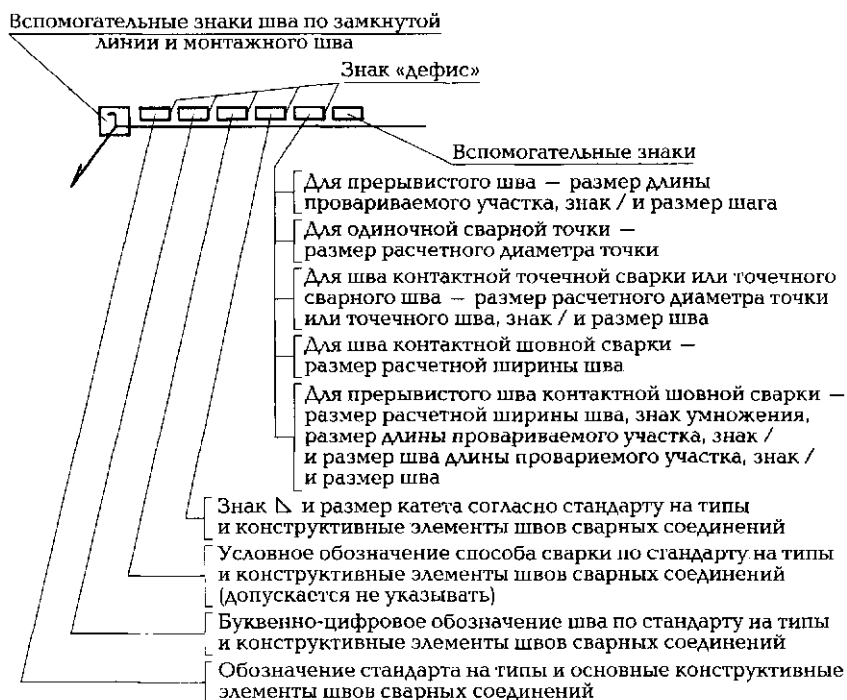


Рис. 2.34. Структура условного обозначения стандартного шва или стандартной одиночной сварной точки

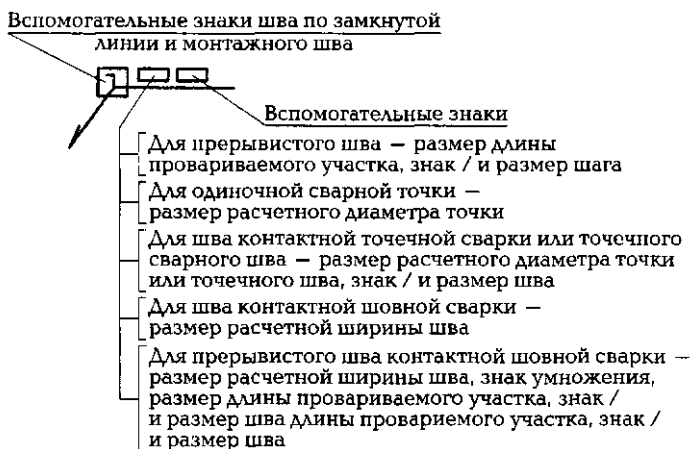


Рис. 2.35. Структура условного обозначения нестандартного шва или нестандартной одиночной сварной точки

одинаковым швам присваивают одинаковый номер, который наносят:

- **на линии-выноске**, имеющей полку с нанесенным обозначением шва;
- **на полке линии-выноски**, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с лицевой стороны;
- **под полкой линии-выноски**, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с оборотной стороны.

Число одинаковых швов может быть указано на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва.

Швы считают одинаковыми, если:

- одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении;
- к различным характеристикам разных швов предъявляются одни и те же требования.

Если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или обратной), то нумерация одинаковых швов может отсутствовать.

Швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полок.

Структура условного обозначения стандартного шва или стандартной одиночной сварной точки показана на рис. 2.34, нестандартного шва или нестандартной одиночной сварной точки — на рис. 2.35.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Какое сварное соединение называется стыковым?
2. Чем отличается стыковое соединение от нахлесточного?
3. Какое сварное соединение называется тавровым?
4. Чем отличается угловое соединение от торцевого?
5. Что такое сварной шов?
6. Какие разновидности сварных швов существуют?
7. К каким соединениям применим угловой шов?
8. Как подразделяются сварные швы по положению в пространстве?
9. Как подразделяются сварные швы по отношению к направлению действующих усилий?
10. Как классифицируются сварные швы по форме наружной поверхности?
11. Какими буквами обозначаются основные виды сварных соединений?
12. Какие конструктивные элементы характеризуют форму разделки кромок?
13. Какие формы разделки кромок вы знаете?
14. Какую роль выполняет зазор при сборке под сварку?
15. Что такое притупление кромок и для чего оно делается?

# СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

### 3.1. СПОСОБЫ СБОРКИ ДЕТАЛЕЙ ПОД СВАРКУ

Для изготовления сварных конструкций высокого качества требуется правильная сборка деталей свариваемого изделия, т. е. их правильная взаимная установка и закрепление.

Процесс сборки сварного изделия состоит из ряда последовательных операций. Прежде всего требуется подать детали, из которых собирается изделие или сварной узел, к месту сборки. Затем необходимо установить эти детали в сборочном устройстве в определенном положении. В этом положении детали должны быть закреплены, после чего их сваривают. Подача деталей к месту сборки и установка их в требуемом положении осуществляются универсальным или специальным подъемно-транспортным оборудованием. Положение деталей во время сборки определяется установочными элементами приспособления или другими, смежными, деталями. Детали закрепляют зажимными элементами сборочных приспособлений.

Таким образом, основным назначением сборочного оборудования в сварочном производстве является фиксация и закрепление свариваемых деталей. Сборочное оборудование классифицируется на сборочное и сборочно-сварочное.

На сборочном оборудовании сборка заканчивается прихваткой. На сборочно-сварочном оборудовании, кроме сборки, производится полная или частичная сварка изделия, а иногда и выдержка после сварки в целях уменьшения сварочных деформаций. При этом сваривать можно как после предварительной прихватки, так и без нее.

Назначение (сборочное или сборочно-сварочное) и конструкция оборудования определяются технологическим процессом, зависящим, прежде всего, от изделия — его формы, размеров, требуемой точности, типа производства, его программы, наличия производственных площадей, загрузки рабочих мест, вида сварки и других факторов.



Сборочно-сварочное оборудование применяется, когда нецелесообразно вести сборку и сварку на разных местах. При этом качество изделия лучше, если сварка следует непосредственно после сборки и изделие не подвергается перестановке и промежуточной транспортировке. Некоторые изделия, особенно из тонколистовых материалов, не допускают прихватки. Во многих случаях перестановка со сборочного на сварочное приспособление удлиняет цикл изготовления и увеличивает трудоемкость. В то же время сборочно-сварочные приспособления обычно значительно сложнее и дороже сборочных. Поэтому в каждом отдельном случае требуется тщательный анализ всех технологических и технико-экономических факторов, определяющих выбор типа оборудования.

Сборочное оборудование может быть универсальным, специализированным и специальным. Универсальное оборудование предназначено для широкой номенклатуры изделий, специализированное — для группы однотипных изделий, специальное — для одного-двух конкретных изделий. Выбор универсального, специализированного или специального оборудования определяется типом и масштабом производства, т. е. производственной программой, а также конструкцией изделия. Специальное оборудование всегда обеспечивает большую производительность и лучшее качество изделия, чем универсальное. Специальное оборудование экономически целесообразно только при массовом и крупносерийном производстве. Специализированное оборудование может быть применено в серийном, а также крупносерийном производстве.

При единичном и мелкосерийном производстве следует применять универсальное оборудование, которое после завершения выпуска одного изделия может быть использовано для изготовления другого.

Сборочные устройства состоят из основания, установочных и зажимных элементов. Установочные элементы обеспечивают правильную установку деталей свариваемого изделия, зажимные — прижатие и закрепление деталей. Установочные и зажимные элементы могут быть ручные и механизированные. Установочные и зажимные элементы размещают на основании сборочного устройства, где располагаются также приводы, площадки обслуживания, элементы управления и другие части сборочного устройства.

Сборочное оборудование подразделяют на следующие основные группы:

- **сборочные кондукторы** — устройства, состоящие из плоской или пространственной рамы или плиты, на которой размещаются

установочные и зажимные элементы. В кондукторах обычно производится сборка и сварка изделия, поэтому основание кондуктора должно быть жестким и прочным для восприятия усилий, возникающих в изделиях при сварке. Кондукторы могут быть неповоротные и поворотные;

- **сборочные стенки и установки** — устройства, предназначенные обычно для крупных изделий, имеют, как правило, неподвижное основание с размещенными на нем установочными и зажимными элементами и оборудуются специальными передвижными или переносными устройствами. В дальнейшем для краткости сборочные кондукторы, стенки и установки будем называть сборочными устройствами;
- **сборно-разборные приспособления для сварочного производства** (СРПС) — устройства, составленные из отдельных взаимозаменяемых стандартных элементов, многократно используемых для сборки различных изделий широкой номенклатуры в опытном, единичном и мелкосерийном производстве. Характерной особенностью деталей СРПС являются Т-образные и шпоночные пазы, с помощью которых обеспечивается жесткое закрепление деталей СРПС в различных сочетаниях в зависимости от формы и размеров собираемого изделия;
- **переносные сборочные приспособления** (стяжки, струбцины, распорки и т. д.) — универсальные приспособления, применяемые для сборки разнообразных изделий в различных типах производства. В основном их используют в единичном производстве, на монтаже и в строительстве. В этих случаях переносные приспособления применяют большей частью самостоятельно, без какого-либо другого сборочного оборудования. В серийном производстве переносные приспособления находят применение в основном для крупных изделий и совместно с передвижным и стационарным оборудованием являются дополнением к сборочным стендам и кондукторам.

**Базирование деталей.** Размещение собираемых деталей в приспособлении осуществляется по правилам базирования. Положение любого твердого тела в пространстве определяется шестью степенями свободы: перемещением вдоль трех взаимно-перпендикулярных осей ( $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ) и вращением вокруг них (рис. 3.1). Чтобы твердое тело закрепить неподвижно, необходимо лишить его всех степеней свободы. В общем случае это достигается прижатием тела к шести опорным точкам, расположенным в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях  $XOy$ ,  $YOz$ ,  $XOz$ . В плоскости  $XOy$ , называемой установочной, расположены три точки (1...3). Они

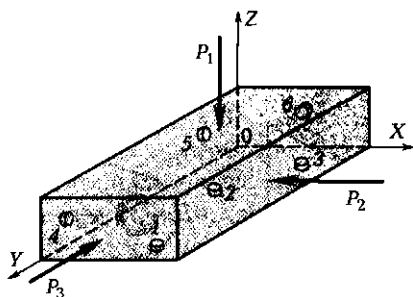


Рис. 3.1. Базирование призматической детали:

1...6 — точки

лишают тело трех степеней свободы: перемещения вдоль оси  $OZ$  и вращения вокруг осей  $OX$  и  $OY$ .

В плоскости  $YOZ$ , называемой направляющей, расположены две точки (4 и 5), лишаящие тело еще двух степеней свободы: перемещения вдоль оси  $OX$  и вращения вокруг оси  $OZ$ .

В плоскости  $XOZ$ , называемой опорной, расположена одна точка 6, лишаящая тело последней, шестой, степени свободы — перемещения вдоль оси  $OY$ . Прижатие детали ко всем шести опорным точкам обеспечивается тремя усилиями  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ , действующими по трем взаимно-перпендикулярным направлениям. Таким образом, для закрепления детали она должна быть прижата к шести точкам, лишаящим ее шести степеней свободы.

Элементы детали, определяющие ее положение при сборке, называются **технологическими базами**. Им соответствуют установочные поверхности приспособления.

**Базирование** — это размещение детали в приспособлении таким образом, чтобы технологические базы детали опирались на установочные поверхности приспособления. Рассмотрим основные схемы базирования деталей наиболее распространенной формы.

Схема базирования *призматической детали* показана на рис. 3.1. Для базирования детали призматической формы необходимы три базы: установочная, направляющая и опорная плоскости. Желательно в качестве установочной базы выбирать поверхность с большими габаритными размерами, в качестве направляющей — поверхность большей длины.

*Цилиндрические детали* обычно базируют по призме. Здесь деталь лишена только пяти степеней свободы; шестая — вращение вокруг продольной оси — остается.

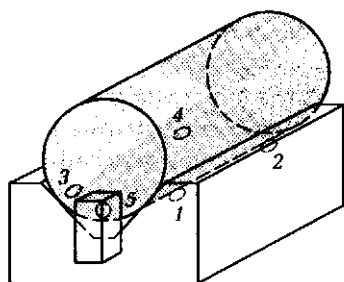


Рис. 3.2. Базирование цилиндрической детали в призме:

1...5 — точки соприкосновения приспособления и детали

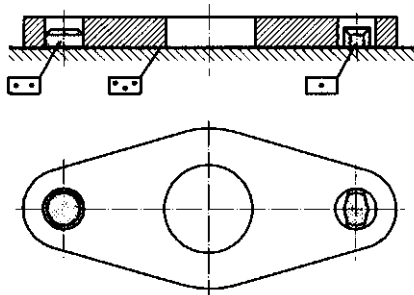


Рис. 3.3. Базирование по двум пальцам

Нередко эта степень свободы не мешает правильной установке цилиндрической детали. В противном случае необходима еще одна дополнительная опора, лишаящая деталь шестой степени свободы — например, отверстие на торце, выступ и др.

При базировании по призме (рис. 3.2) главная установочная поверхность приспособления соприкасается с изделием не тремя точками, а двумя, как и направляющая поверхность приспособления. Таким образом, две установочные поверхности приспособления соприкасаются с одной цилиндрической поверхностью детали в четырех точках (1...4). Один из торцов детали является опорной базой (точка 5).

*Цилиндрическое отверстие в детали может служить одной из баз.* При этом базирование осуществляется пальцем приспособления, входящим в это отверстие. Второй базой обычно является плоскость, перпендикулярная оси отверстия. Если положение детали относительно оси отверстия безразлично (допускается ее вращение), то эти две базы обеспечивают правильную установку детали. Если необходимо ликвидировать возможность поворота изделия относительно оси отверстия, то базирование по одному отверстию недостаточно. В этом случае, при наличии второго отверстия, базирование осуществляется по двум отверстиям, причем второй палец связывает только одну степень свободы, т. е. поворот вокруг оси первого пальца (рис. 3.3). Поэтому второй палец делают фасонным с двусторонним срезом — это снимает излишние опорные точки и облегчает установку детали. При отсутствии в детали второго отверстия необходимо дополнительное базирование по наружной кромке детали, прижимаемой к упору.

Правильное базирование должно соответствовать правилу шести точек. Деталь должна иметь не более шести связей. Излишнее число связей только ухудшает установку детали, делает ее статически неопределенной, что ведет или к неправильной установке детали, или к деформации детали и опор. Рассмотрим это на примере базирования детали на цилиндрическом пальце (рис. 3.4, а). Здесь плоскость заменяет три точки опоры, цилиндрическая поверхность — четыре. Таким образом, деталь опирается на семь точек вместо нужных пяти (так как шестая степень свободы — вращение вокруг оси отверстия — сохраняется, шестая точка опоры должна отсутствовать). При малейшей неточности изготовления детали (неперпендикулярности торцевой плоскости оси отверстия) во время ее закрепления под действием силы  $P$  палец будет изгибаться.

При базировании по пальцу возможны два варианта правильного базирования:

- короткий палец и торцевая плоскость (плоскость заменяет три точки опоры, а палец — две (рис. 3.4, б));
- длинный палец и торец (торец небольшого размера заменяет одну точку опоры (рис. 3.4, в)).

Все сказанное ранее относится к базированию абсолютно жесткого изделия. Практически большинство крупных свариваемых изделий не являются абсолютно жесткими, и для их фиксации требуется установка дополнительных опор, не входящих в систему шести точек. В этом случае сохранение этой системы обеспечивается за счет гибкости изделия или специальным устройством дополнительных опор (подводные, плавающие или регулируемые). При сборке изделия под сварку базируется каждая деталь. В зависимости от конструкции изделия и технологии сварки установочными поверхностями для детали могут служить как элементы приспособления, так и другие детали.

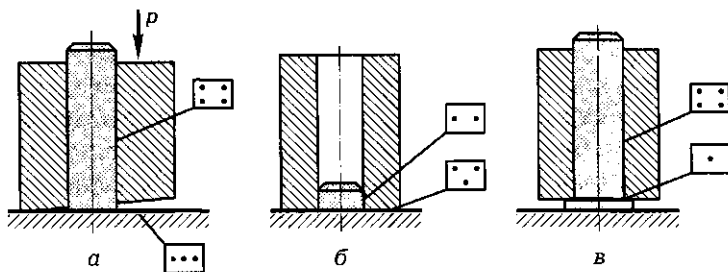


Рис. 3.4. Базирование по плоскости и цилиндрическому пальцу (а—в)

Основным назначением сборочного оборудования является фиксация и закрепление деталей собираемого сварного узла. В крупносерийном и массовом производстве применяется специализированное сборочное оборудование, рассчитанное на изготовление сварных узлов одного типоразмера. В серийном и мелкосерийном производстве сборочное оборудование создается для групп однотипных сварных узлов разных размеров. В индивидуальном — используются универсальные сборочные и универсально-сборные переналаживаемые приспособления.

Сборочное оборудование обычно состоит из основания и размещенных на нем установочных и закрепляющих элементов. Установочные, или фиксирующие, элементы обеспечивают правильную установку деталей свариваемого изделия, закрепляющие — поджим и закрепление деталей. Установочные элементы обеспечивают правильную установку деталей сварного узла в сборочных приспособлениях. К ним предъявляются следующие требования: обеспечение требуемой точности при установке деталей; возможность удобной установки деталей в сборочное приспособление; возможность удобной сварки, необходимая прочность и жесткость, предотвращающая деформацию изделий во время сварки; возможность свободного съема сваренного изделия с приспособления. Все установочные элементы можно разделить на неподвижные (постоянные), съемные и подвижные (отводные, откидные, поворотные). Съемные и подвижные элементы используют в случаях, когда применение постоянных затрудняет установку и съем изделия. Подвижные установочные элементы могут быть ручными и механизированными.

**Установочные элементы.** Они различаются по назначению — для разных поверхностей собираемых деталей, и по конструктивному исполнению. По назначению они в основном подразделяются на упоры (для установки деталей по базовым поверхностям), установочные пальцы (фиксаторы) и оправки (для установки деталей по отверстиям), призмы (для установки цилиндрических деталей по наружной поверхности), накладные кондукторы (шаблоны) для установки деталей свариваемого узла по другим, ранее установленным деталям этого же узла.

**Упоры** бывают постоянные (рис. 3.5, а), съемные (рис. 3.5, б), откидные (рис. 3.5, в—г), отводные (рис. 3.5, е), поворотные (рис. 3.5, ж).

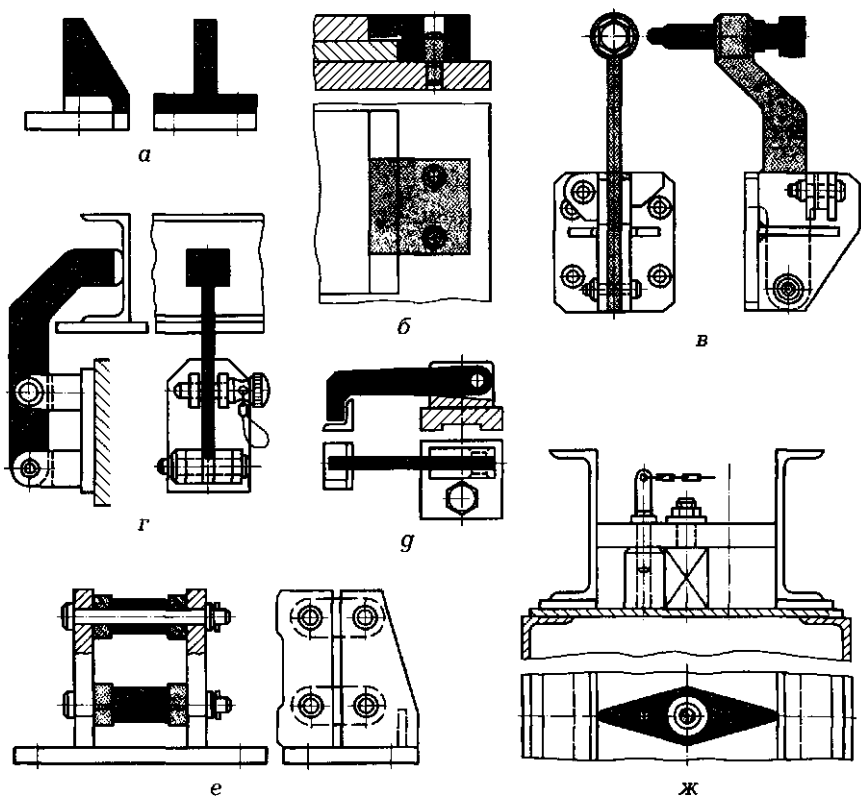


Рис. 3.5. Упоры:

*a* — постоянные; *б* — съемные; *в—г* — откидные; *е* — отводные; *ж* — поворотные

Постоянные упоры наиболее распространены и представляют собой обычно обработанные пластики, стойки, угольники. Упоры приваривают к основанию приспособления или привинчивают с фиксацией штифтами.

Съемные упоры используют в случаях, когда постоянный упор затрудняет свободную установку детали в приспособлении или съем сварного узла. Тогда же применяют откидные, отводные и поворотные упоры, которые в эксплуатации значительно удобнее, чем съемные. Для установки деталей одновременно по двум поверхностям служат угловые упоры (см. рис. 3.5, *a*). Упоры могут быть силовыми (расположенными в направлении действия основных усилий, возникающих в процессе закрепления деталей и их сварки) и направляющими. Так как точный учет нагрузок на

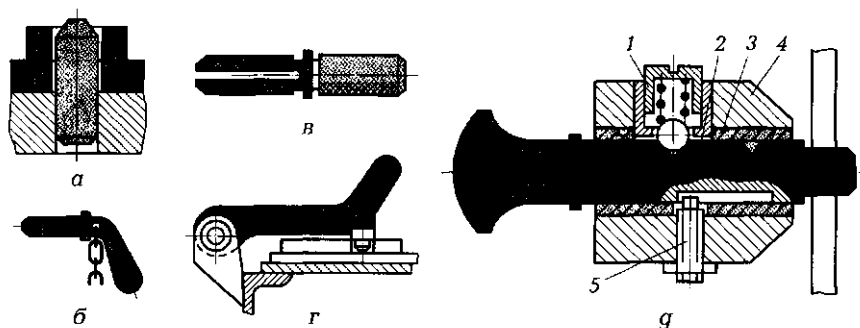


Рис. 3.6. Установочные пальцы (фиксаторы):

*a* — постоянные; *б*, *в* — съемные; *г* — откидные; *г* — отводные: 1 — запорный механизм; 2 — палец; 3 — направляющая втулка; 4 — корпус; 5 — винт

упоры, особенно возникающих во время сварки, весьма затруднен, то конструкции силовых упоров имеют значительный запас прочности. Упоры, расположенные в горизонтальной плоскости, обычно называют *опорами*.

**Установочные пальцы** (фиксаторы) и **оправки** выполняют постоянными (рис. 3.6, *a*), съемными (рис. 3.6, *б*, *в*), откидными (рис. 3.6, *г*) и отводными (рис. 3.6, *г*). Постоянные фиксаторы жестко закреплены на приспособлении с помощью сварки, запрессовки или крепежной резьбы. Съемные фиксаторы могут быть цельными (см. рис. 3.6, *б*) или разрезными (см. рис. 3.6, *в*) — пружинящими. Съемные, отводные и откидные фиксаторы используют, если применение постоянного фиксатора затрудняет установку или съем деталей. Отводной фиксатор (см. рис. 3.6, *г*) состоит из корпуса 4 с направляющей втулкой 3, пальца 2 и шарикового запорного механизма 1. Для направления и ограничения движения пальца служит винт 5. Корпус фиксатора крепится к основанию сборочного приспособления. Запорный механизм обеспечивает неподвижное положение фиксатора в отведенном (исходном) и выдвинутом (рабочем) положениях. Разрезные фиксаторы облегчают их отвод после сварки.

Для фиксации деталей по отверстиям большого диаметра (70... 100 мм и более) применяют разжимные оправки.

На рис. 3.7 показана схема действия разжимной механизированной оправки для фиксации по отверстию тяжелых деталей. В корпусе 1 оправки размещен пневмоцилиндр 2, разделенный перегородкой 3 на две камеры (I и II). Шток поршня 4 камеры I жестко закреплен на корпусе оправки. На штоке поршня 5 камеры II



закреплен конус 6, который взаимодействует с шестью кулачками 7. Кулачки расположены в два ряда и прижимаются к конусу пружинами 8. В исходном положении пневмоцилиндр 2 и поршень 5 находятся в крайнем левом положении (рис. 3.7, а) и правая часть пневмоцилиндра 2 вместе с кулачками находится вне фиксируемой детали. При пуске воздуха в поршневую (правую) часть камеры I пневмоцилиндр перемещается вправо и вводит кулачки в отверстие фиксируемой детали (рис. 3.7, б). Затем воздух пускается в поршневую (левую) часть камеры II и конус 6 раздвигает кулачки 7, которые фиксируют изделие (рис. 3.7, в). Управление оправкой осуществляется двумя пневмораспределителями.

**Призмы** (см. рис. 3.2), необходимые при сборке цилиндрических изделий, изготавливают из тех же материалов, что и пальцы.

**Накладные кондукторы** являются промежуточной базой между деталями и применяются для установки деталей в заданном положении по другим, ранее установленным элементам собираемого изделия. На рис. 3.8, а показан накладной кондуктор, с помощью которого ставятся ребра 1. Сам кондуктор устанавливается по стенке изделия 2 с помощью упоров 3, а в продольном направлении — выступом 4.

К установочным элементам можно отнести также **опорные гнезда**, применяемые для грубого размещения изделия по трем по-

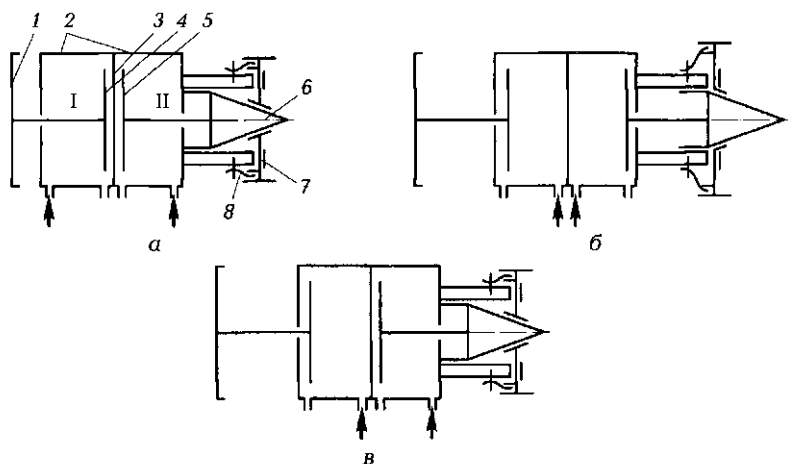


Рис. 3.7. Схема действия разжимной оправки (а-в):

1 — корпус; 2 — пневмоцилиндр; 3 — перегородка; 4 — шток поршня; 5 — поршень; 6 — конус; 7 — кулачки; 8 — пружины; I и II — камеры

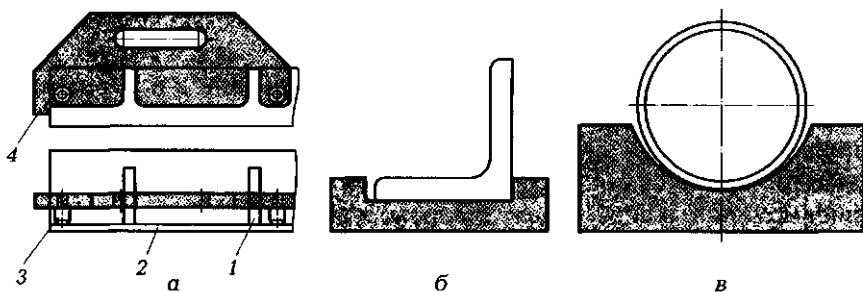


Рис. 3.8. Приспособления для установки деталей:

*а* — накладной кондуктор; *б* — опорное гнездо; *в* — ложемент; 1 — ребро; 2 — стенка изделия; 3 — упор; 4 — выступ

верхностям (рис. 3.8, б), ширина гнезда должна быть на несколько миллиметров больше максимально возможной ширины изделия для возможности его свободной укладки и съема. Опорные гнезда для изделий с криволинейной поверхностью называют *ложементами* (рис. 3.8, в). Ложементы иногда применяют вместо призм для цилиндрических изделий — в основном при недостаточной прочности последних, когда фиксация на призмах может вызвать деформацию изделия.

**Закрепляющие (зажимные) элементы.** К ним относятся прижимы и зажимы, предназначенные для закрепления деталей свариваемого изделия в процессе сборки и сварки после их установки в приспособление.

**Прижимы и зажимы** должны обеспечивать:

- правильное приложение и направление прижимного усилия для закрепления деталей без сдвигов относительно установочных баз;
- надежное закрепление деталей в продолжение всего процесса сборки и сварки, быстроту действия;
- возможность удобной установки деталей в приспособление, удобство сварки, а также возможность съема изделия из приспособления после сварки;
- удобный подход к ним для легкого приведения в действие (для ручных приспособлений), безопасность в работе.

Прижимы и зажимы можно подразделить на клиновые, винтовые, эксцентриковые, рычажные, байонетные, пружинные.

Прижимы и зажимы, как и установочные элементы, бывают постоянные, откидные, отводные и поворотные. Прижимы отличаются от зажимов тем, что их усилие направлено с одной стороны, т. е.

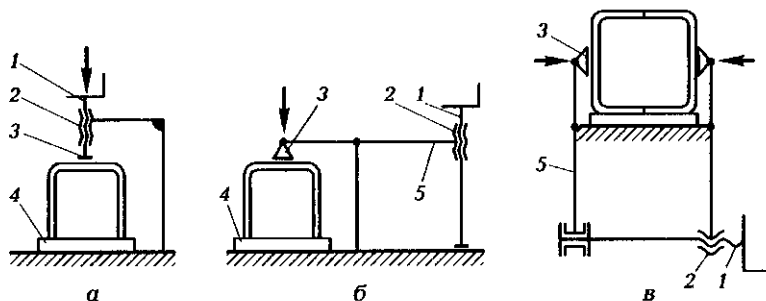


Рис. 3.9. Зажимные элементы:

*a, б* — прижимы; *в* — зажим: 1 — винт; 2 — гайка; 3 — нажимная пята; 4 — упор; 5 — рычаг

они прижимают детали к упорам или к другим деталям. Зажимы же зажимают детали с двух противоположных сторон (рис. 3.9). Зажим имеет две рабочие поверхности, расположенные одна против другой (как в тисках или клещах).

Клиновы е прижимы отличаются компактностью, простотой и быстротой действия. К недостаткам клиновых прижимов относится необходимость приложения больших усилий, значительные потери на трение, а также короткий ход прижима. Ручные клиновые прижимы (рис. 3.10) приводятся в действие ударами молотка или кувалды, что делает их применение крайне нежелательным и оправданным только в отдельных случаях, при невозможности применения других прижимов (например, на монтаже). В то же время клин благодаря своей простоте и компактности широко применяется в механизированных прижимах. Важное качество клина — самоторможение при угле скоса менее  $6^\circ$ . Самотормозя-

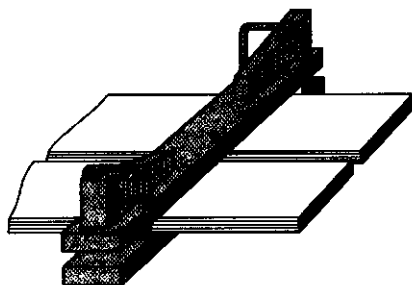


Рис. 3.10. Клиновой прижим

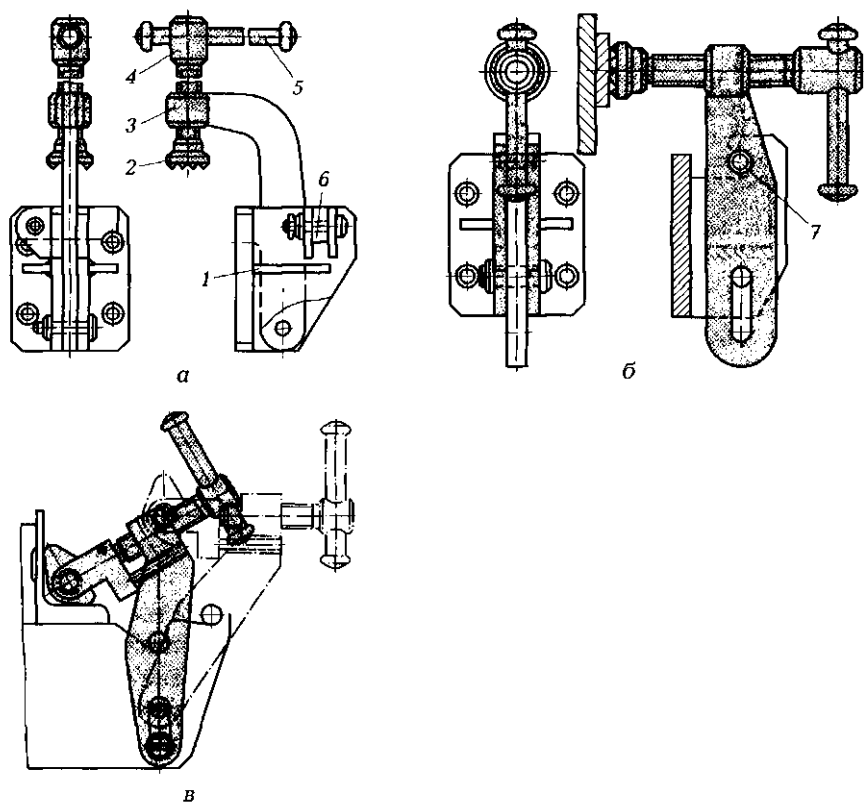


Рис. 3.11. Ручные винтовые прижимы:

*а* — в вертикальном направлении; *б* — в горизонтальном; *в* — в наклонном: 1 — корпус; 2 — пята; 3 — гайка; 4 — винт; 5 — рукоятка; 6 — планка; 7 — штырь

ший клин нередко используют в сочетании с другими прижимами. Клиновые прижимы увеличивают прижимное усилие в 3—5 раз по сравнению с прикладываемым усилием.

Ручные винтовые прижимы нашли более широкое применение благодаря универсальности, надежности, простоте конструкции. Недостатком применения винтовых прижимов является низкая производительность сборочных работ и быстрый износ резьбы в результате попадания сварочных брызг.

На рис. 3.11 показаны различные конструкции винтовых прижимов. Винтовой прижим состоит из винта 4, рукоятки 5, гайки 3 и корпуса 1. Для предотвращения образования на изделии вмятин к концу винта шарнирно прикрепляется пята 2. Для ускорения

схема детали винтовые прижимы зачастую выполняют откидными и закрепляют в рабочем положении планкой 6 или штырем 7. При этом для завинчивания и отвинчивания необходимо сделать лишь несколько оборотов. Прижим, показанный на рис. 3.11, *а*, служит для прижатия в вертикальном направлении, на рис. 3.11, *б* — в горизонтальном, на рис. 3.11, *в* — в наклонном. Угловой прижим снабжен самоустанавливающейся пятой, обеспечивающей прижатие в двух направлениях.

Винты и пяты изготавливают обычно из стали 45. Нажимные концы винтов и пяты подвергают закалке до твердости 35... 40 HRC.

Ручные эксцентриковые прижимы (рис. 3.12) применяют для сварки деталей небольших толщин, так как зажимное усилие в 3—4 раза меньше резьбового. Прижим детали осуществляется кулачком 1, укрепленным на рычаге 2, при повороте эксцентрика 3 рукояткой 4.

Ручные рычажные прижимы являются быстродействующими. На рис. 3.13 показаны рабочее (рис. 3.13, *а*) и исходное (рис. 3.13, *б*) положения рычажного прижима. Прижим состоит из стойки 10, на которой шарнирно закреплены рукоятка 8 — на оси 9 и рычаг 4 — на оси 5.

Рукоятка и рычаг связаны между собой планками 7, сидящими на осях 6, и на конце рычага 4 закреплен нажимной винт 1, вылет которого регулируется гайками 2. При движении рукоятки влево планки 7 нажимают на рычаг 4 и винт 1 прижимает деталь. При обратном движении рукоятки рычаг, поворачиваясь вокруг оси 5, отводит винт и освобождает деталь. В закрепленном состоянии ось рукоятки должна быть в вертикальном положении. Надежное закрепление детали обеспечивается расположением рукоятки 8

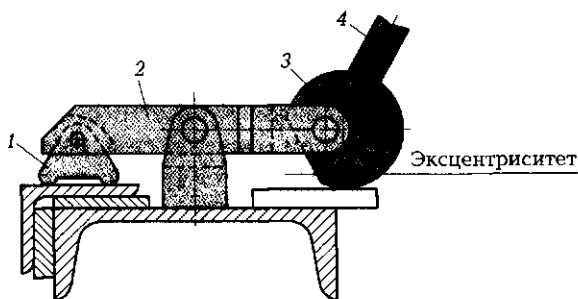


Рис. 3.12. Ручной эксцентриковый прижим:

1 — кулачок; 2 — рычаг; 3 — эксцентрик; 4 — рукоятка

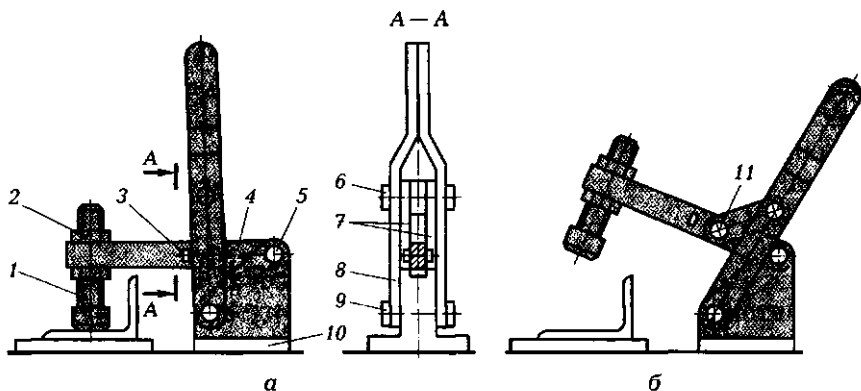


Рис. 3.13. Ручной рычажный прижим:

*а* — рабочее положение; *б* — исходное положение: 1 — нажимной винт; 2 — гайки; 3 — стопор; 4 — рычаг; 5, 6, 9 и 11 — оси; 7 — планки; 8 — рукоятка; 10 — стойка

под небольшим углом к планке 7. Дальнейший ход рукоятки ограничивается стопором 3. Поскольку небольшие колебания толщины детали значительно меняют этот угол, вылет нажимного винта должен быть отрегулирован. В противном случае возможно самопроизвольное раскрытие прижима, что является существенным недостатком шарнирно-рычажных прижимов, ограничивающим их применение.

Рычажные системы широко применяются в механизированных (пневматических и гидравлических) прижимах, где в рабочем состоянии обеспечено постоянное усилие зажатия и, следовательно, не может произойти самопроизвольное раскрытие. Особенно часто рычаги применяются как промежуточные элементы в сочетании с винтовыми, эксцентриковыми и другими прижимами для увеличения прижимного усилия, увеличения хода или для изменения направления действия силы.

Пневматические прижимы отличаются надежностью в работе, удобством в управлении. Кроме того, их применение облегчается тем, что на заводах имеется сеть сжатого воздуха. К недостаткам пневмопривода относятся трудность регулирования скорости хода прижима (рывки) и необходимость очистки воздуха от влаги во избежание коррозии цилиндров. Пневмоприжимы подразделяются на прижимы с пневмоцилиндрами, пневмокамерами и пневмошлангами. Прижимы с пневмокамерами применяют в случаях, когда требуется небольшой ход штока — до 30... 40 мм. Прижимы с пневмошлангами применяют, когда необходимо большое

количество прижимов, расположенных по одной прямой с одновременным их включением.

Прижимы с пневмоцилиндрами показаны на рис. 3.14. На рис. 3.14, а показан вертикальный прижим, в котором рычаг 1 позволяет расположить цилиндр горизонтально, в стороне

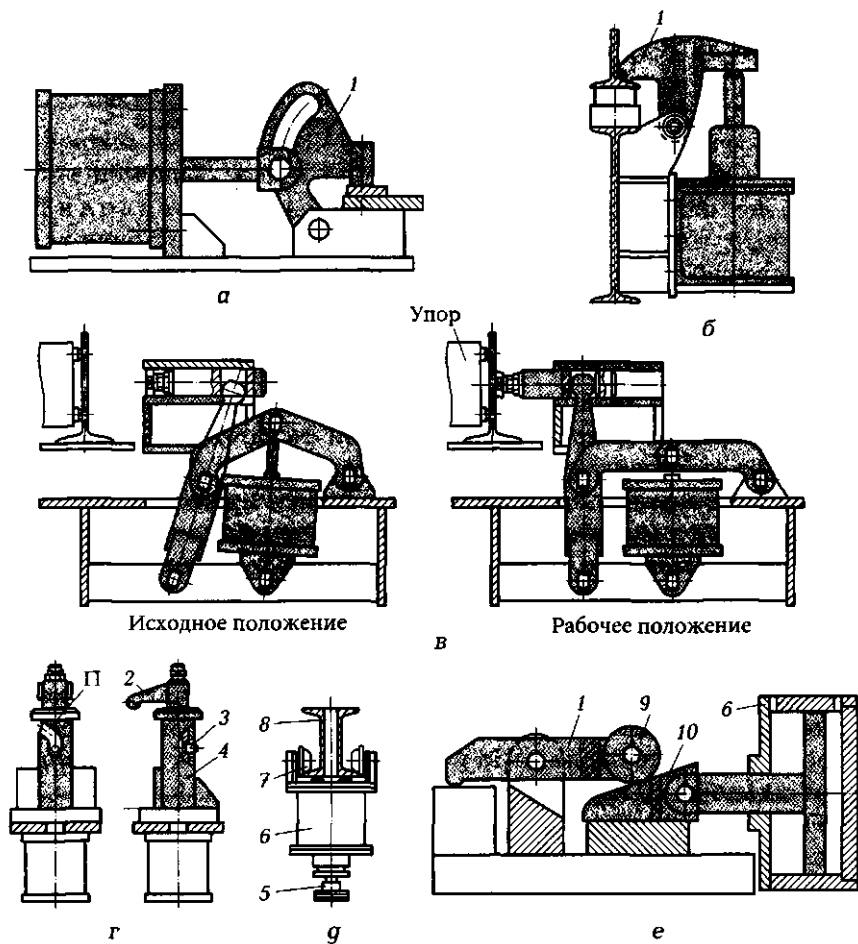


Рис. 3.14. Прижимы с пневмоцилиндрами:

а — вертикальный прижим; б — прижим с пневмоцилиндром одностороннего действия; в — прижим с качающимся пневмоцилиндром; г — байонетный прижим; г — передвижной прижим; е — прижим с клином и роликом: 1 — рычаг; 2 — прихват; 3 — штырь; 4 — втулка; 5 — пята; 6 — шток цилиндра; 7 — колеса; 8 — балка; 9 — ролик; 10 — клин; П — прорез

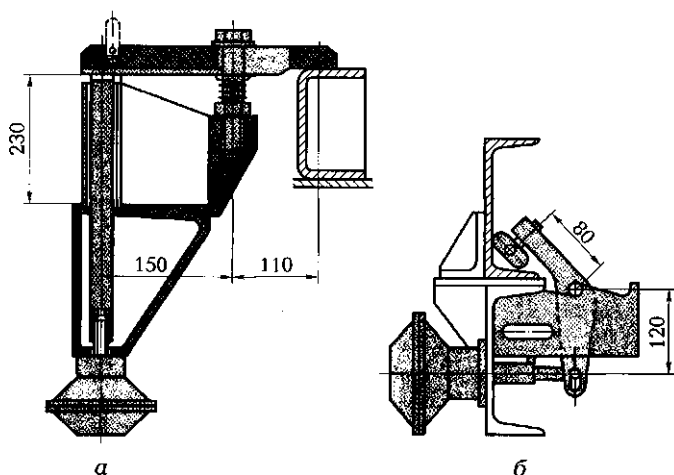


Рис. 3.15. Пневмоприжимы с самоустанавливающейся нажимной пятой: а — с диафрагменными камерами; б — откидной прижим

от изделия. На рис. 3.14, б показан прижим с пневмоцилиндром одностороннего действия. Прижимной рычаг 1 отходит от изделия под действием собственной массы. На рис. 3.14, в показан в двух положениях прижим с качающимся пневмоцилиндром и распорной рычажной системой. Образец байонетного прижима показан на рис. 3.14, г. При обратном ходе поршня штырь 3, закрепленный на штоке, скользит по прорези П на втулке 4, и шток вместе с прихватом 2 поворачивается, обеспечивая свободный съем изделия. Конструкция передвижного пневмоприжима показана на рис. 3.14, г. Нажимная пята 5 закреплена непосредственно на штоке цилиндра 6. Цилиндр на колесах 7 передвигается по балке 8. На рис. 3.14, е изображен пневмоприжим с клином 10 и роликом 9.

Пневмоприжим с диафрагменными камерами показан на рис. 3.15, а. Рычаг увеличивает усилие привода и обеспечивает его удобное расположение. При отходе штока прижим отводится от изделия. На рис. 3.15, б изображен откидной прижим с камерой и самоустанавливающейся нажимной пятой, обеспечивающей прижатие детали одновременно в двух направлениях: по горизонтали и вертикали.

В прижимах с пневмошлангами (рис. 3.16) в качестве шлангов обычно используют прорезиненные пожарные рукава 3. Давление воздуха непосредственно шлангами передается на рычаги



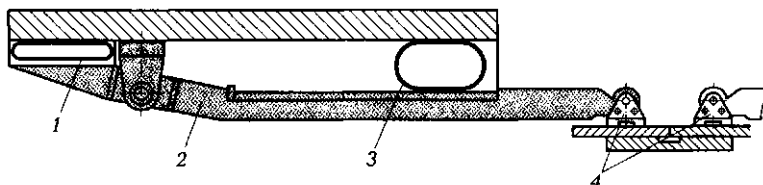


Рис. 3.16. Прижим с пневмошлангами:

1 — возвратный шланг; 2 — рычаг; 3 — прорезиненный пожарный рукав; 4 — прижимные пяты

2 с прижимными пятами 4. Возврат прижима может осуществляться либо с помощью возвратного шланга 1, либо пружиной.

Гидравлические прижимы имеют ряд преимуществ по сравнению с пневмоприжимами: они позволяют создать значительно большие (более чем в 10 раз) прижимные усилия; обеспечивают плавность и бесшумность работы; гидроцилиндры не требуют смазки и не подвержены коррозии, так как их рабочая поверхность все время соприкасается с маслом. Для обеспечения работы гидропривода требуется более сложная и дорогая аппаратура. Точность изготовления и чистота рабочей поверхности гидроцилиндров должны быть выше, чем пневматических. При применении гидропривода необходимы также более тщательный монтаж гидроразводки и высокая культура обслуживания, так как даже небольшие утечки масла загрязняют рабочее место. Недостатком гидропривода является замедленная скорость движения поршня, особенно у цилиндров большого диаметра. Для работы гидравлических прижимов требуется специальная насосная установка — маслостанция, состоящая из масляного резервуара и насоса с приводным электродвигателем. По конструкции гидравлические прижимы аналогичны пневмоприжимам.

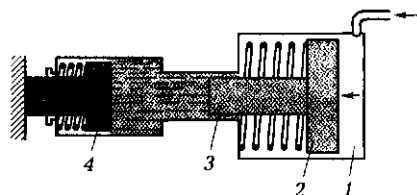


Рис. 3.17. Пневмогидравлический прижим:

1 — воздушный цилиндр; 2 — поршень; 3 — плунжер; 4 — поршень гидравлического цилиндра

Когда установка маслостанции не рациональна, применяют пневмогидравлические прижимы (рис. 3.17). Сжатый воздух от воздушной сети подается в воздушный цилиндр 1. При движении поршня 2 плунжер 3 давит на масло, которое воздействует на поршень 4 гидравлического цилиндра.

### 3.3. ПЕРЕНОСНЫЕ СБОРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

К переносным сборочным приспособлениям относятся струбцины, стяжки, распорки, домкраты и др. Все эти устройства подразделяются на ручные и механизированные.

**Струбцины** служат для прижима двух и более деталей друг к другу или для установки и закрепления деталей в определенном положении (установочные струбцины). На рис. 3.18, а показана наиболее распространенная конструкция ручной винтовой струбцины. На рис. 3.18, б показана установочная струбцина, состоящая из двух винтовых струбцин и талрепа 7 (гайки с правой и левой резьбой). Детали, закрепленные в струбцинах, устанавливаются талрепом на необходимом расстоянии.

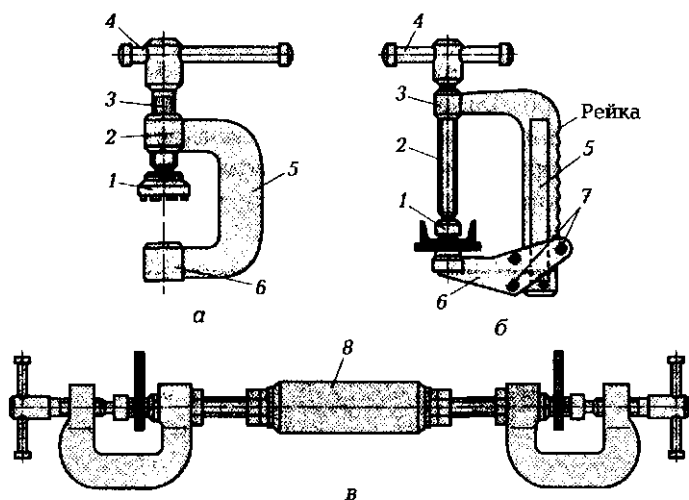


Рис. 3.18. Ручные струбцины (а—в):

1 — пята; 2 — гайка; 3 — винт; 4 — рукоятка; 5 — корпус; 6 — упор; 7 — талреп;  
8 — тендер

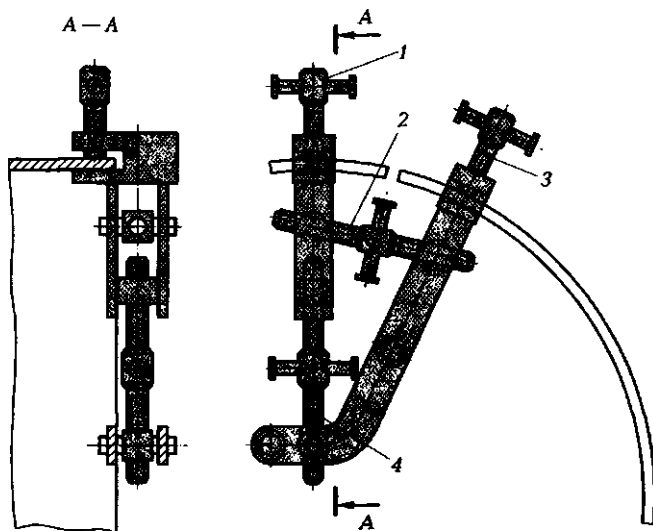


Рис. 3.19. Стяжка для сборки продольного стыка обечайки:  
1 и 3 — винтовые струбцины; 2 и 4 — винты

**Стяжки** предназначены для сближения кромок свариваемых изделий (рис. 3.19). Стяжка состоит из двух винтовых струбцин 1 и 3, связанных двумя винтами 2 и 4, с правой и левой резьбой каждый. Кромки обечайки закрепляют в струбцинах, после чего винтом 4 выравнивают, а винтом 2 стягивают до необходимого между ними зазора.

**Распорки** предназначены для выравнивания кромок собираемых изделий, сохранения формы и размеров изделий при сборке и сварке, а также для исправления местных дефектов формы. На рис. 3.20, а показана винтовая распорка, состоящая из двух винтов с правой и левой резьбой, соединенных талрепом. На рис. 3.20, б изображена кольцевая винтовая распорка, разжимающая обечайку в нескольких точках, равномерно расположенных по окружности.

В качестве привода механизированных устройств применяют пневмо- и гидропривод, электромагниты и постоянные магниты. Примером приспособления с пневмоприводом может служить пневматическая распорка для коробчатых конструкций, состоящая из пневмоцилиндра 1, пневмораспределителя 2 и двух башмаков 3, один из которых закреплен на штоке, второй — на цилиндре (рис. 3.20, в).

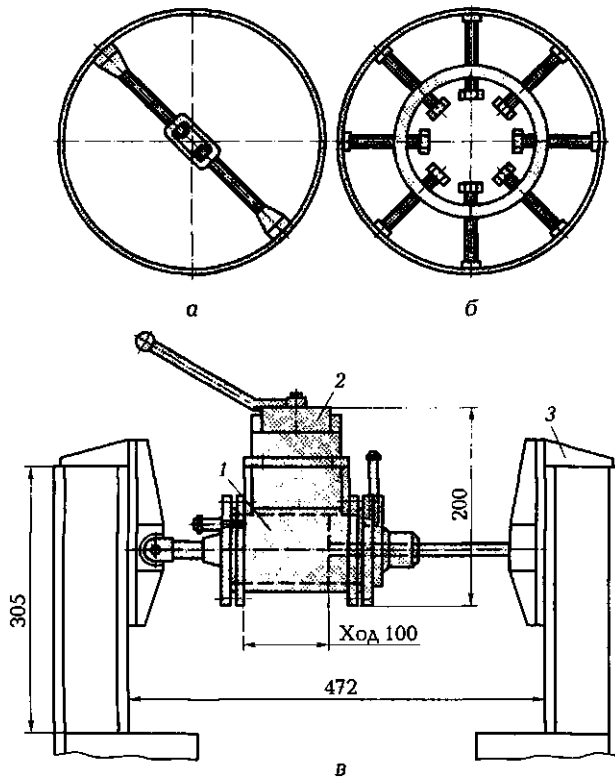


Рис. 3.20. Распорки:

*a* — винтовая; *б* — кольцевая винтовая; *в* — пневматическая; *1* — пневмоцилиндр; *2* — пневмораспределитель; *3* — башмак

**Домкраты** в сборочно-сварочном производстве применяют в качестве регулируемых опор для точной установки тяжелых деталей при сборке для прижима деталей. На рис. 3.21, *a* показан обычный винтовой домкрат, работающий так же, как и прямотействующий винтовой прижим. При вращении рукоятки *1* винт *4* поднимается, вывинчиваясь из гайки *3*, закрепленной в корпусе *5*. На конце винта шарнирно укреплена опорная пята *2*.

Недостаток применения пневмопривода для переносных приспособлений — его зависимость от воздушной сети и наличие громоздких коммуникаций (шлангов для связи с сетью). Поэтому пневмопривод применяют при использовании приспособления на постоянном рабочем месте без переноски его на значительные расстояния. В этих же случаях применяют гидропривод со станцией,

приводимой в действие электродвигателем. Обычно используют гидропривод с ручными насосами.

На рис. 3.21, б показан гидравлический домкрат с ручным насосом. При движении плунжера 11 ручного насоса вправо в цилиндре 8 насоса создается разрежение и масло из резервуара 9 поступает через впускной клапан 10 в цилиндр насоса. При движении плунжера влево масло, находящееся в цилиндре насоса, сжимается и, преодолевая сопротивление пружины напорного клапана 12, поступает в подъемный цилиндр домкрата 7 под плунжер 6. Благодаря большой величине отношения площадей подъемного цилиндра и цилиндра насоса гидравлические домкраты могут развивать большую подъемную силу — до нескольких десятков и даже сотен тонн.

В судостроении широко используют переносные приспособления с магнитами. На рис. 3.22 показаны электромагнитные зажимы, предназначенные для выравнивания кромок при сварке встык и фиксации зазоров между кромками (рис. 3.22, а), а также для удержания листов в вертикальном положении при сборке и сварке угловых и тавровых соединений (рис. 3.22, б). Зажимы развивают усилие до 5 кН и применяются для листов толщиной 5...35 мм. Для питания зажимов необходим постоянный ток напряжением 24 В. На рис. 3.22, в показан пример применения зажима с электромагнитом для сборки стыкового соединения из листов.

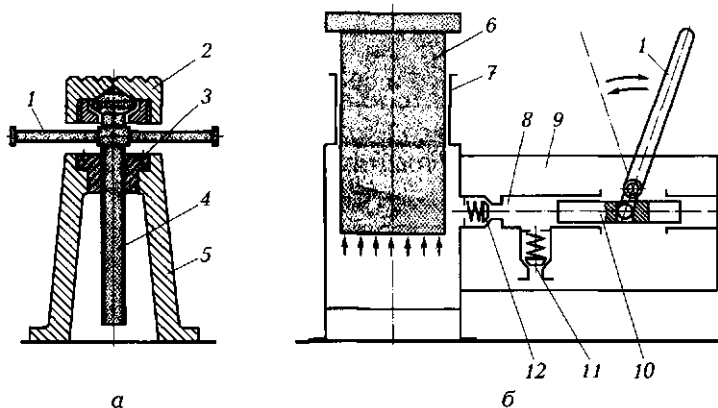


Рис. 3.21. Ручной (а) и гидравлический (б) домкраты:

1 — рукоятка; 2 — пята; 3 — гайка; 4 — винт; 5 — корпус; 6 — плунжер; 7 — подъемный цилиндр домкрата; 8 — цилиндр насоса; 9 — резервуар; 10 — впускной клапан; 11 — плунжер ручного насоса; 12 — напорный клапан

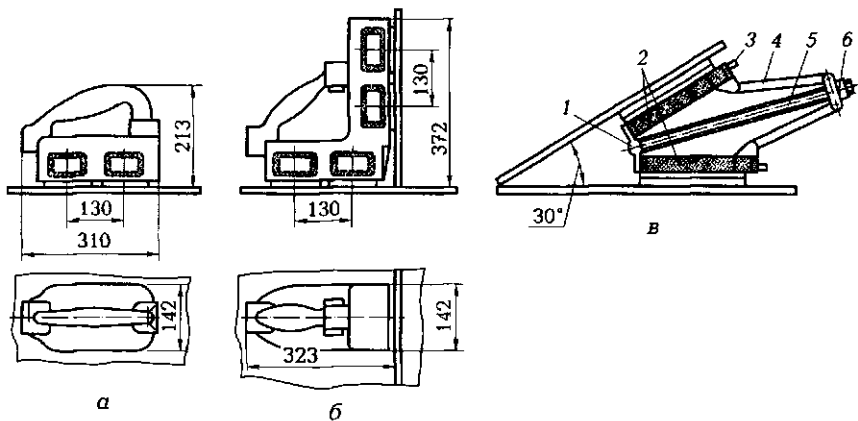


Рис. 3.22. Электромагнитные зажимы:

*а* — при сварке встык; *б* — при сборке и сварке угловых и тавровых соединений; *в* — для сборки стыкового соединения из листов: 1 — шарнир; 2 — электромагниты; 3 — выключатель; 4 — шарнирная система; 5 — винт; 6 — гайка

На рис. 3.23 показаны угловые приспособления с постоянными магнитами — регулируемые с выключением магнита для сборки соединений из профильного проката под различными углами (рис. 3.23, *а*) и нерегулируемые без выключения магнита для соединения угловых соединений под прямым углом (рис. 3.23, *б*). Регулируемое приспособление в процессе сборки углового соединения из листов показано на рис. 3.23, *в*.

**Центраторы** применяют для обеспечения соосности и совмещения торцевых кромок труб и обечаек при сборке под сварку.

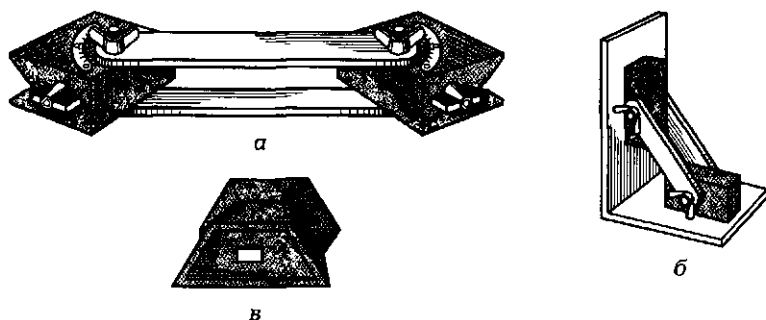


Рис. 3.23. Приспособления (*а–в*) с постоянными магнитами

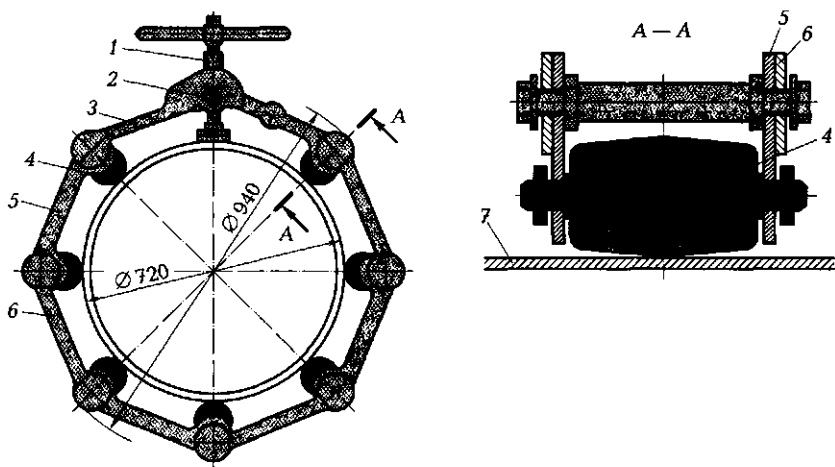


Рис. 3.24. Наружный центратор для труб:

1 — натяжной винт; 2 — крестовина; 3 — крючки; 4 — ролики; 5 — внутренние звенья; 6 — наружные звенья; 7 — стенка трубы

Они бывают наружными и внутренними. Наружный центратор (рис. 3.24) состоит из нескольких наружных 6 и внутренних 5 звеньев, шарнирно соединенных между собой и образующих вместе с крючками 3 замкнутую цепь. На внутренних звеньях укреплены ролики 4, которыми цепь опирается на трубу. Замыкающий шарнир представляет собой крестовину 2 с натяжным винтом 1. При сборке раскрытая цепь центратора подводится под трубы, на цапфы крестовины надеваются крючки. При этом пластины цепи располагаются симметрично по обеим сторонам от плоскости стыка. Затем цепь натягивается винтом 1, а ролики 4 совмещают кромки обеих труб. После прихватки центратор снимают и трубы сваривают.

### 3.4. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СБОРКИ ТИПОВЫХ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Оборудование для сборки плосколистовых конструкций.** При сборке плосколистовых конструкций основной задачей является совмещение кромок собираемых листов в одной плоскости (при сварке встык) или прижатие листов друг к другу (при сварке внахлестку). Это требование определяет собой конструкцию типовых устройств для сборки плосколистовых конструкций — электромаг-

нитных стенов и стенов с передвижными балками и порталами. Все эти устройства имеют прижимы, направленные перпендикулярно плоскости изделия. Иногда устройства оборудуют упорами, обеспечивающими правильное расположение собираемых листов в плане.

Стенды с передвижными (катучими) балками применяют для сборки листовых полотнищ встык и внахлестку, для установки ребер, накладок и других деталей на листы, для сборки каркасов с листами. Стенды представляют собой стеллажи с направляющими, по которым передвигаются балки. На балках расположены передвижные прижимы с пневмоцилиндрами. На рис. 3.25 изображен стенд с передвижной балкой, снабженной тремя пневмоприжимами. Стенд состоит из портала 2 с боковыми направляющими 1, по которым на четырех колесах передвигается балка 5, оборудованная тремя передвижными прижимами 7 с пневмоцилиндрами 6. Каждый цилиндр снабжен пневмораспределителем 8. Для предотвращения подъема балки во время прижатия имеются захваты 3.

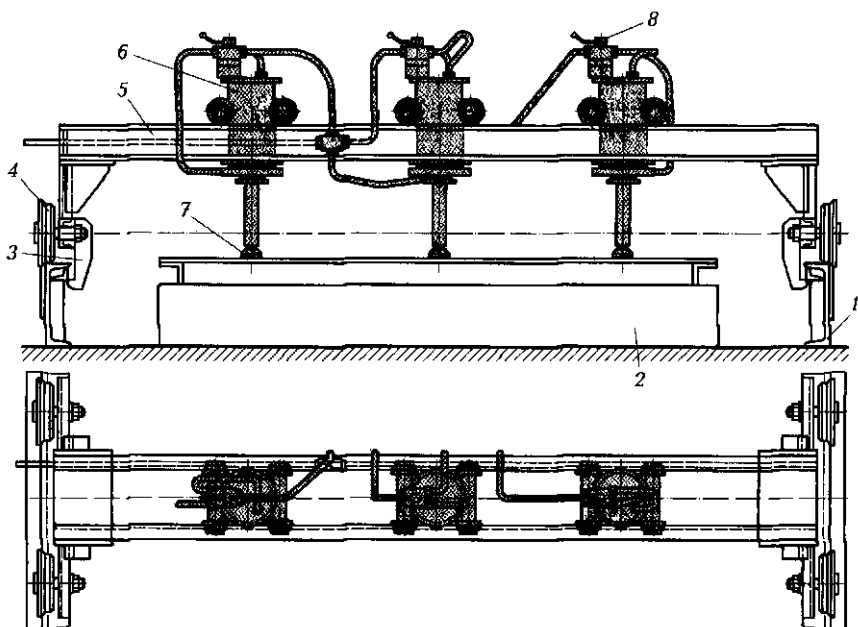


Рис. 3.25. Стенд с передвижной балкой с пневмоприжимами:

1 — боковые направляющие; 2 — портал; 3 — захват; 4 — струбцина; 5 — балка; 6 — пневмоцилиндр; 7 — прижим; 8 — пневмораспределитель



Стенды применяют для листов толщиной 6...8 мм, ширина стенов достигает 15 мм; длина зависит от собираемых конструкций. Число прижимов 1...4, усилие каждого прижим 5...15 кН.

**Оборудование для сборки цилиндрических конструкций.** Сборка цилиндрических конструкций включает в себя три основные операции: сборку продольных стыков обечаек, сборку обечаек по кольцевым стыкам и сборку обечаек с днищами. При сборке продольных стыков обечаек необходимо соединить кромки стыка, совместив их в одной касательной плоскости, и выравнять торцевые кромки.

На рис. 3.36, а, б показана установка для сборки продольных стыков обечаек, состоящая из портальной рамы 2, двух гидравлических стяжек 4 для совмещения и соединения продольных кромок и стяжки 5 для выравнивания торцевых кромок. Стяжки 4 с помощью пружинных подвесок 6 закреплены на тележках 7, передвигающихся по раме 2. На этих же тележках закреплены и панели управления 3. Винты заменены гидроцилиндрами с двумя зажимными 8, одним выравнивающим 9 и одним стягивающим 10 прижимами. Стяжка 5 для торцевых кромок представляет собой гидроцилиндр с двумя цепями, на концах которых имеются крючки, зацепляющиеся за кромки обечайки. Во время сборки обечайка находится на роликоопорах 1, на которые она попадает по наклонному стеллажу. Перед сборкой обечайку поворачивают на роликоопорах стыком вверх и стяжкой 5 выравнивают торцевые кромки в плоскости, перпендикулярной продольной оси обечайки (см. рис. 3.26, б). После этого кромки обечайки соединяют стяжками 4 и прихватывают дуговой сваркой, начиная с середины стыка. Собранный обечайка снимается с роликоопор специальным пневматическим выталкивателем.

При сборке продольных стыков небольших обечаек абсолютная величина несовпадения торцов обычно невелика, поэтому достаточно совместить и соединить кромки стыка. Эту операцию выполняют на приспособлении, показанном на рис. 3.27. На сварном каркасе 1 приспособления размещены два рычажных прижима 3 с пневмоцилиндрами 2 и опорный ложемент 4, на который укладывается обечайка. В осевом направлении положение обечайки определяется торцевым упором 5. При подаче воздуха прижимы с обеих сторон обжимают обечайку по наружному диаметру, соединяя кромки продольного стыка. Обечайка прижимается к деталям, расположенным внутри нее (например, к дискам). На этом же приспособлении можно выполнять сварку, так как прижимы расположены сбоку и продольный стык остается открытым. Приспособление приме-

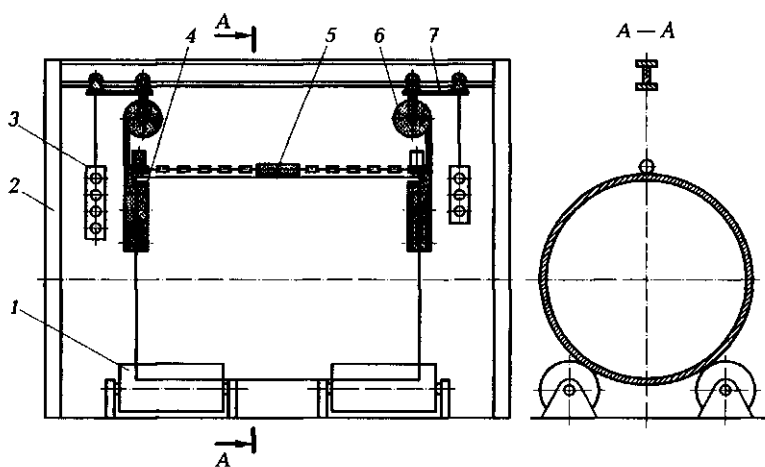


Рис. 3.26. Установка для сборки продольных стыков обечаек:

1 — роликостора; 2 — порталная рама; 3 — панель управления; 4 — гидравлическая стяжка; 5 — стяжка для торцевых кромок; 6 — пружинная подвеска; 7 — тележка

няется для обечаек диаметром 398 мм, длиной 320 мм, с толщиной стенки 5 мм.

При сборке обечаек по кольцевым стыкам необходимо прижать обечайки друг к другу, совместив их торцевые кромки по всей окружности. В соответствии с этим основными элементами оборудования для сборки кольцевых стыков должны быть осевые и радиальные прижимы.

Установка для сборки обечаек по кольцевым стыкам представляет собой тележку 5 со скобой 4, передвигающуюся по рельсам 10, проложенным между роликосторами 11, на которых размещены собираемые обечайки (рис. 3.28). На скобе закреплены три пневмоцилиндра: передний 1, средний 3 и задний 6. Штоки пневмоцилиндров связаны с прижимами. Шток переднего пневмоцилиндра заканчивается прижимной пятой, а штоки среднего и заднего пневмоцилиндров соединены с прижимами рычажными передачами, что увеличивает прижимное усилие в несколько раз по сравнению с усилием, развиваемым пневмоцилиндрами. На верхней части скобы, против прижимов переднего и среднего пневмоцилиндров, размещены три регулируемых винтовых упора 2. Скоба может подниматься и опускаться в пределах 0,45 м с помощью электропривода 9 по направляющим 7, закрепленным на тележке. Тележка передвигается по рельсам с помощью электропривода 8.

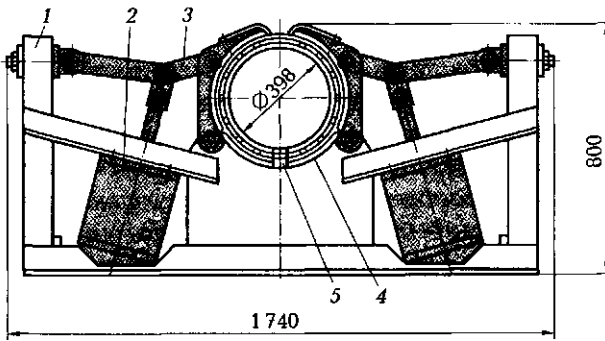


Рис. 3.27. Приспособление для сборки продольных стыков обечаек малого диаметра:

1 — каркас; 2 — пневмоцилиндр; 3 — прижим; 4 — опорный ложемент; 5 — торцевой упор

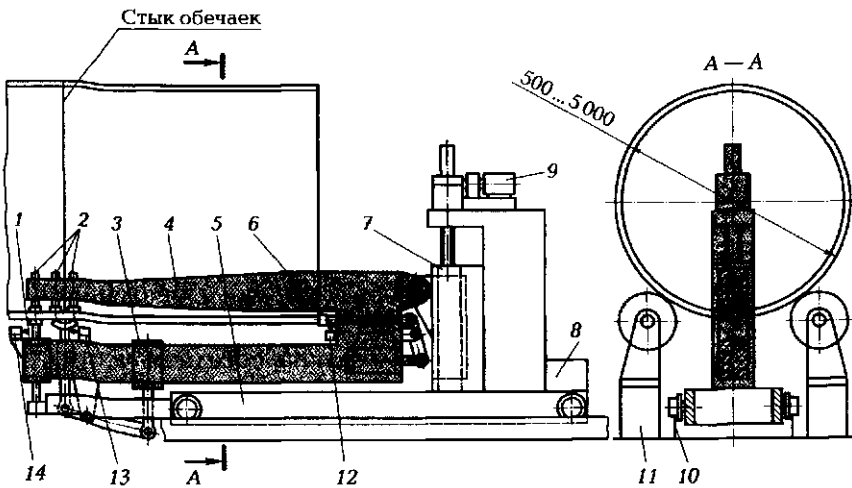


Рис. 3.28. Установка для сборки обечаек по кольцевым стыкам:

1 — передний пневмоцилиндр; 2 — винтовые упоры; 3 — средний пневмоцилиндр; 4 — скоба; 5 — тележка; 6 — задний пневмоцилиндр; 7 — направляющие; 8 — электропривод; 9 — электропривод перемещения скобы; 10 — рельсы; 11 — роликоопора; 12... 14 — конечные выключатели

В исходном положении воздух выключен и давления во всех пневмоцилиндрах нет. При этом шток переднего пневмоцилиндра своим нижним концом опирается на тележку, а конец скобы опускается до упора верхней крышки переднего пневмоцилиндра в поршень. Прижим среднего пневмоцилиндра поршня находится сверху, а прижим заднего — в крайнем правом положении. В начале работы механизмом подъема скоба устанавливается на таком уровне, чтобы упоры 2 были на 15... 20 мм выше нижней стенки обечайки. Затем воздух подается в верхнюю полость переднего пневмоцилиндра, и передний конец скобы поднимается.

Одновременно воздух подается в нижнюю полость среднего пневмоцилиндра, и средний прижим опускается. В таком положении тележка заводит скобу внутрь обечайки, лежащей на роликоопорах установки, до тех пор, пока кольцевой стык не окажется над средним прижимом (между вторым и третьим верхними упорами). Теперь воздух подается в нижнюю полость переднего пневмоцилиндра, сначала передний конец скобы опускается, пока передний верхний упор не опустится на нижнюю стенку левой обечайки, после чего поршень поднимается и зажимает левую обечайку между передними прижимом и упором. Затем последовательно включаются задний пневмоцилиндр, прижимающий правую обечайку к левой, и средний, прижимающий кромки обеих обечаек к верхним упорам, предварительно отрегулированным на необходимую высоту.

После выравнивания кромок обечаек производится прихватка, затем пневмоцилиндры переключаются, и все прижимы отводятся от обечаек. При впуске воздуха в верхнюю полость переднего пневмоцилиндра сначала отходит его прижим (до упора нижним концом штока в тележку), после этого поршень останавливается и от давления воздуха в верхнюю крышку начинает подниматься сам пневмоцилиндр, поворачивая скобу с упорами 2, отходящими от обечаек. Освобожденные обечайки поворачиваются на роликовом стенде и происходят подгонка и прихватка в соседнем месте стыка. После сборки стыка тележка со скобой откатывается, на стенд устанавливается новая обечайка, и цикл повторяется. Управление пневмоцилиндрами осуществляется с кнопочной станции электропневмораспределителями. В исходных положениях пневмоцилиндры отключаются конечными выключателями 12... 14.

На подобных установках собирают сосуды диаметром от 0,5 (при толщине стенки до 16 мм) до 6 м (при толщине стенки до 50 мм). Длина отдельных обечаек до 3,5 м. Для сборки обечаек с толщиной стенки до 70 мм применяют установки с гидроцилиндрами.

На рис. 3.29 показано приспособление для сборки внахлестку небольших обечаяек (диаметром 220 мм и толщиной стенки 2...2,5 мм) с доньшками. Приспособление состоит из сварной рамы 1, двух боковых стоек 3 с укрепленными на них горизонтальными пневмоцилиндрами 2, на штоках которых закреплены прижимные диски 4 с электромагнитами, двух вертикальных пневмоцилиндров 10 и накидного хомута 6. На раме расположены также ложементы 5 и пульт управления пневмораспределителями 7.

Собираемую обечайку укладывают в ложементы, накидывают на нее хомут, который соединяют с тягами зажимных пневмоцилиндров, после чего правым пневмораспределителем подают воздух в полость пневмоцилиндров, обеспечивая надежный зажим обечайки и калибровку ее торцов. В прижимные диски устанавливают доньшки, которые удерживаются в них электромагнитами. Левым пневмораспределителем сжатый воздух подается в пневмоцилиндры 2, и происходит запрессовка доньшек. При правильной цилиндрической форме торцов (если нет необходимости в калибровке) хомут можно не накидывать. Запрессовка доньшек в этом случае производится в свободно лежащую обечайку. Для облегчения запрессовки цилиндрические части доньшек выполняют с заходными уклонами.

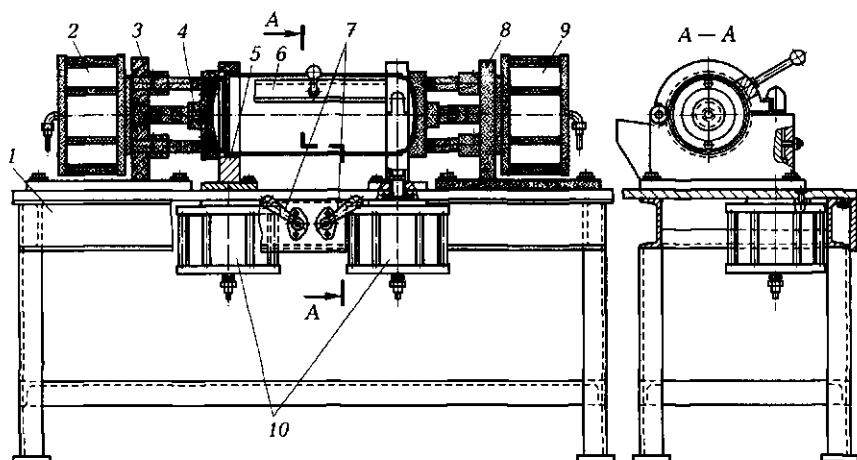


Рис. 3.29. Установка для сборки небольших обечаяек с доньшками:

1 — сварная рама; 2 и 9 — пневмоцилиндры; 3 и 8 — боковые стойки; 4 — прижимной диск; 5 — ложемент; 6 — накидной хомут; 7 — пневмораспределители; 10 — вертикальные пневмоцилиндры

**Оборудование для сборки балочных конструкций.** При сборке балочных конструкций требуется обеспечить правильное взаимное расположение и прижать друг к другу по всей длине составляющие балку элементы. Для этого в серийном производстве применяют стеллы с передвижными сборочными порталами и сборочные поворотные и неповоротные кондукторы.

Стеллы с передвижными сборочными порталами применяют обычно для изготовления балок большой длины в условиях мелкосерийного производства.

Стелла для сборки двутавровых балок, показанный на рис. 3.30, состоит из сварной рамы 1, двух балок 10, служащих опорой для стенки собираемой балки, самоходного портала 4 с двумя вертикальными 6 и двумя горизонтальными 5 пневмоприжимами. Одна из опорных балок при помощи винтов 2 и конических редукторов 8, приводимых во вращение электродвигателем 9, может передвигаться и устанавливаться в соответствии с высотой собираемой балки. Один вертикальный и один горизонтальный прижимы могут перемещаться вдоль портала, два других прижима — неподвижные. Портал передвигается по рельсовому пути, уложенному вдоль рамы. Для снятия собранной балки имеются пневмотолкатели 3.

При сборке стенка собираемого элемента укладывается на опорные балки, а полки — вдоль балок на опорные винты 7, уста-

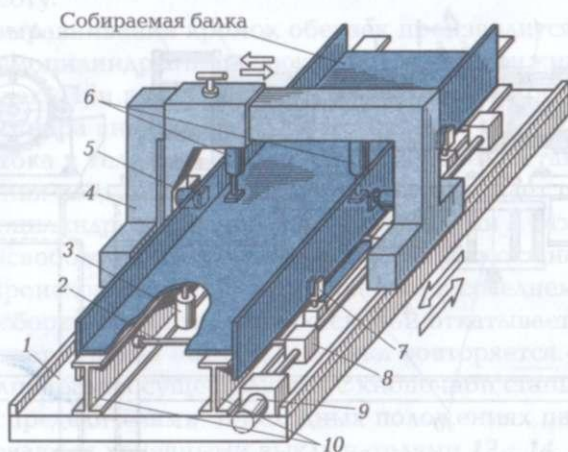


Рис. 3.30. Стелла для сборки двутавровых балок:

1 — сварная рама; 2 — винты; 3 — пневмотолкатель; 4 — самоходный портал; 5 — горизонтальные пневмоприжимы; 6 — вертикальные пневмоприжимы; 7 — опорные винты; 8 — конические редукторы; 9 — электродвигатель; 10 — балки

новленные на определенную высоту. Портал, передвигаясь вдоль собираемого изделия, останавливается против мест прихваток, включаются прижимы, и производится прихватка собираемых элементов. Затем прижимы отходят, портал подводится к месту следующих прихваток, и цикл повторяется. На стенде собирают балки длиной до 15 м, высотой 460...2 000 мм, шириной полки до 600 мм и толщиной полки до 60 мм.

Сборка двутавровых балок может быть осуществлена и на стенде без портала. В этом случае роль вертикальных прижимов портала выполняют электромагниты, смонтированные вдоль стенда в два ряда с шагом 760 мм. Один ряд расположен на каретках, перемещающихся поперек стенда в зависимости от высоты собираемой балки. На этих же каретках размещен один ряд горизонтальных пневмоприжимов; второй ряд их закреплен по неподвижной части стенда.

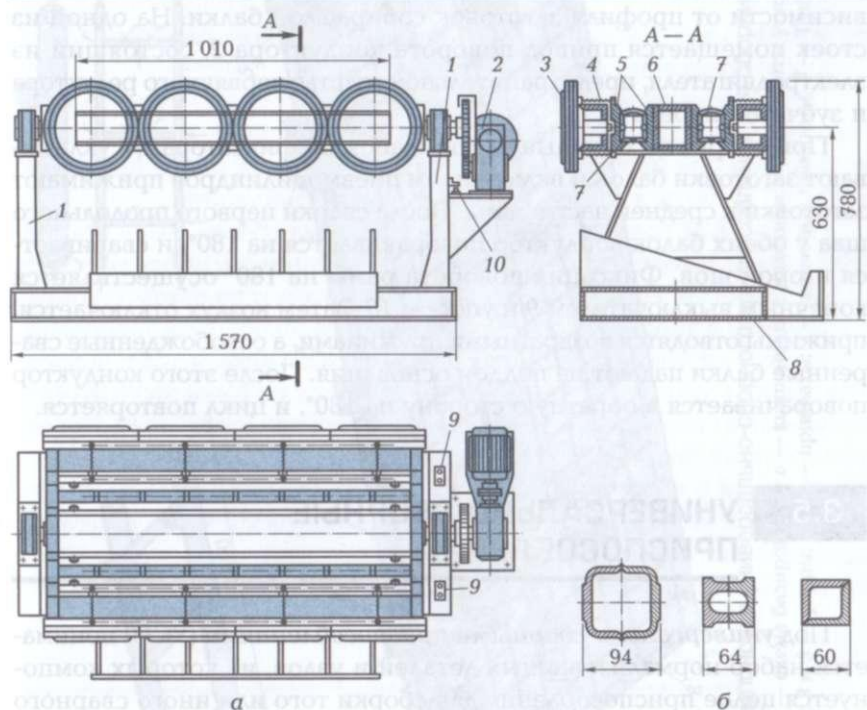


Рис. 3.31. Виды (а) поворотного кондуктора для сборки балок различных типов (б):

1 — стойки; 2 — привод поворота кондуктора; 3 — прижим; 4 — возвратная пружина; 5 — опорные планки; 6 — поворотная рама; 7 — торцевой фиксатор; 8 — основание; 9 — конечные выключатели; 10 — упор



Стенд состоит из отдельных секций длиной по 6,2 м и предназначен для сборки балок высотой 400...3 500 мм. Достоинство стенда — возможность осуществления прихватки автоматической сваркой. Недостатки стенда — сложность и громоздкость, особенно для длинномерных балок.

На рис. 3.31 приведен образец поворотного кондуктора, применяемого для сварки балок. Кондуктор выполнен двухпозиционным и предназначен для сборки и сварки коротких коробчатых балок, собираемых из двух профильных заготовок. Кондуктор состоит из основания 8 с двумя стойками 1, на которых в подшипниках укреплена поворотная рама 6 с прямодействующими прижимами 3 с мембранными пневмоцилиндрами. В раме имеются два продольных окна, к стенкам которых прикреплены сменные опорные планки 5 с торцевыми фиксаторами 7 и возвратными пружинами 4. Форму поперечного сечения опорных планок подбирают в зависимости от профиля заготовок собираемой балки. На одной из стоек помещается привод поворота кондуктора 2, состоящий из электродвигателя, предохранительной муфты, червячного редуктора и зубчатой передачи.

При сборке на опорные части планок по фиксаторам 7 укладывают заготовки балок и включением пневмоцилиндров прижимают заготовки к средней части рамы. После сварки первого продольного шва у обеих балок кондуктор поворачивается на 180°, и сваривается второй шов. Фиксация поворота рамы на 180° осуществляется конечным выключателем 9 и упором 10. Затем воздух отключается, прижимы отводятся возвратными пружинами, а освобожденные сваренные балки падают на поддон основания. После этого кондуктор поворачивается в обратную сторону на 180°, и цикл повторяется.

### 3.5. УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Под *универсально-сборными приспособлениями* (УСП) понимается набор нормализованных деталей и узлов, из которых компонуется целое приспособление для сборки того или иного сварного узла. По окончании изготовления сварного узла приспособление разбирают и детали и узлы УСП используют для компоновки новых приспособлений.

Универсально-сборные приспособления наиболее рациональны в индивидуальном и мелкосерийном производстве, где применение



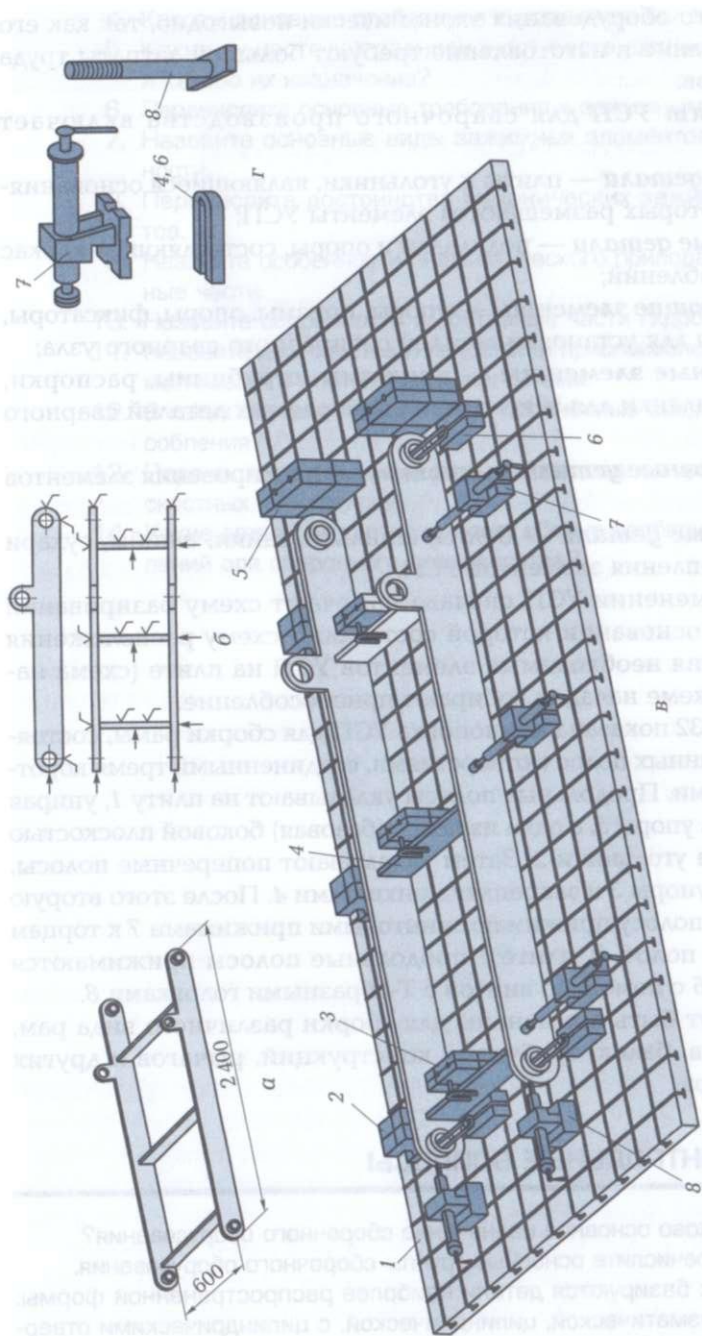


Рис. 3.32. Компонетка универсально-сборного приспособления для сборки рамы: 1 — плита; 2 — угольники; 3 и 5 — упоры; 4 и 6 — прихваты; 7 — винтовые прижимы; 8 — Т-образная головка

специального оборудования экономически невыгодно, так как его проектирование и изготовление требуют большой затраты труда и материалов.

**Комплект УСП** для сварочного производства включает в себя:

- **базовые детали** — плиты и угольники, являющиеся основаниями, на которых размещаются элементы УСП;
- **корпусные детали** — подкладки и опоры, составляющие каркас приспособлений;
- **фиксирующие элементы** — упоры, призмы, опоры, фиксаторы, домкраты для установки деталей собираемого сварного узла;
- **прижимные элементы** — прижимы, струбины, распорки, стяжки, планки для закрепления собираемых деталей сварного узла;
- **установочные детали** — шпонки для фиксирования элементов УСП;
- **крепежные детали** — болты, шпильки, гайки, шайбы, сухари для закрепления элементов УСП.

При применении УСП сначала намечают схему базирования изделия, на основании которой составляют схему расположения и закрепления необходимых элементов УСП на плите (схема наладки). По схеме наладки собирают приспособление.

На рис. 3.32 показана компоновка УСП для сборки рамы, состоящей двух длинных полос с отверстиями, соединенными тремя короткими полосами. Продольные полосы укладывают на плиту 1, упирая их торцами в упоры 5, а одна из полос (базовая) боковой плоскостью опирается на угольники 2. Затем укладывают поперечные полосы, упирая их в упоры 3 и закрепляя прихватами 4. После этого вторую продольную полосу прижимают винтовыми прижимами 7 к торцам поперечных полос. К плите 1 продольные полосы прижимаются прихватами 6 с помощью винтов с Т-образными головками 8.

УСП могут быть применены для сборки различного вида рам, кронштейнов, балок, трубчатых конструкций, рычагов и других сварных узлов.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Каково основное назначение сборочного оборудования?
2. Перечислите основные группы сборочного оборудования.
3. Как базируются детали наиболее распространенной формы: призматической, цилиндрической, с цилиндрическими отверстиями?

4. Каковы основные требования к установочным элементам?
5. Какие существуют разновидности установочных элементов и каково их назначение?
6. Перечислите основные требования к зажимным элементам.
7. Назовите основные виды зажимных элементов и их особенности.
8. Перечислите достоинства механических зажимных элементов.
9. Назовите особенности пневматического привода и его составные части.
10. Назовите особенности и составные части гидропривода.
11. Назовите достоинства и недостатки приспособлений с электромагнитами и постоянными магнитами.
12. В каких случаях применяются переносные сборочные приспособления?
13. Перечислите основные виды оборудования для сборки плоскостных конструкций.
14. Какие детали входят в комплект сборно-разборных приспособлений для сварочного производства?

# ПРИЕМЫ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ ПОД СВАРКУ

## 4.1. СБОРКА ПЛАСТИН В НИЖНЕМ ПОЛОЖЕНИИ СВАРНОГО ШВА

Точность подготовки деталей к сварке, их чистота и качество сборки оказывают весьма существенное влияние на несущую способность и экономичность сварной конструкции. Недостаточно тщательное выполнение заготовительных и сборочных операций приводит к резкому возрастанию вероятности появления дефектов в сварных соединениях и в конструкции в целом. Анализ дефектов, возникающих при сварке, однозначно показывает, что значительную долю брака следует отнести за счет плохого качества подготовки и сборки. Исправление брака в готовом изделии не всегда приводит к полному восстановлению заданных свойств сварного соединения и является трудоемкой и технически сложно выполнимой операцией.

Отсюда очевидно, что значительно рациональнее устранять дефекты, появившиеся при заготовке и сборке, до проведения операции сварки. Однако не следует предъявлять излишние и подчас трудновыполнимые требования к точности заготовок и их сборке под сварку, значительно удорожающие изготовление конструкции. Применяемые на практике способы сварки позволяют получать качественные сварные соединения при некоторых допустимых колебаниях точности заготовки деталей и сборки.

Для получения заготовки, подлежащей сборке, необходимо выполнять ряд операций. Предварительно прокат, из которого будет изготовлена деталь, подвергают **правке** и **зачистке** для устранения загрязнений и неровностей, образовавшихся при прокатке, транспортировке и хранении металла. Правку листового материала осуществляют в правильных станах, зачистку — в дробеметной установке или в специальных ваннах для травления и пассивирования.

Затем выполняют **разметку** или **наметку** деталей: **разметку** — путем перенесения размеров заготовки с чертежа непосредственно на металл, кернения металла по линии будущего реза и маркировки

детали; *наметку* — путем перенесения на металл необходимых для изготовления заготовки размеров с шаблона, специально изготовленного из тонколистового металла, фанеры или картона. Чертилкой обводят контуры шаблона, после чего его удаляют, вдоль всей линии реза наносят керны и деталь маркируют. Вырезку заготовок производят на ножницах, автоматическими газопламенными машинами или ручными резаками. В последнее время для этих целей широко используется резка сжатой дугой.

В некоторых случаях для удаления наклепанного металла, образовавшегося по кромкам при резке на ножницах, устранения неровностей, характерных для ручной газовой резки, кромки подвергают механической обработке на кромкострогальных станках. В случае необходимости используют холодную гибку металла или гибку в нагретом состоянии. Выбор того или иного способа определяется толщиной металла и радиусом кривизны неровности.

В зависимости от толщины свариваемого металла и формы разделки кромки готовят обрезкой на ножницах, строганием или газовой резкой. Наибольшее применение находит механизированная (машинная) кислородная резка, обеспечивающая высокую производительность и достаточную в большинстве случаев точность подготовки кромок. Последующая механическая обработка при качественном резе для сталей большинства марок не требуется. Необходимая точность подготовки кромок определяется типом шва, способом и режимом сварки. Отклонения от заданных размеров могут привести к снижению качества шва или повышению трудоемкости работ.

Основной металл до сборки в местах сварки должен быть очищен от ржавчины, масла, влаги, рыхлого слоя окалины и других загрязнений, которые могут привести к образованию пор и других дефектов в швах. Особое внимание должно быть уделено зачистке металла при механизированных способах сварки. На рис. 4.1 показаны места, подлежащие зачистке перед дуговой сваркой, для соединений различных типов. Особо тщательно следует зачищать торцы соединяемых элементов.

Зачистку производят до сборки узла механически (пескоструйным или дробеструйным способом, металлическими щетками, абразивом) или химически (травлением, газопламенной очисткой). Следует удалять с поверхности металла рыхлый слой ржавчины и окалины, а также грязь и лед даже в том случае, если загрязнение расположено вне места сварки. Это необходимо для того, чтобы при транспортировке и кантовке конструкции загрязнения не попали в место расположения будущего шва. Зачистка собранного

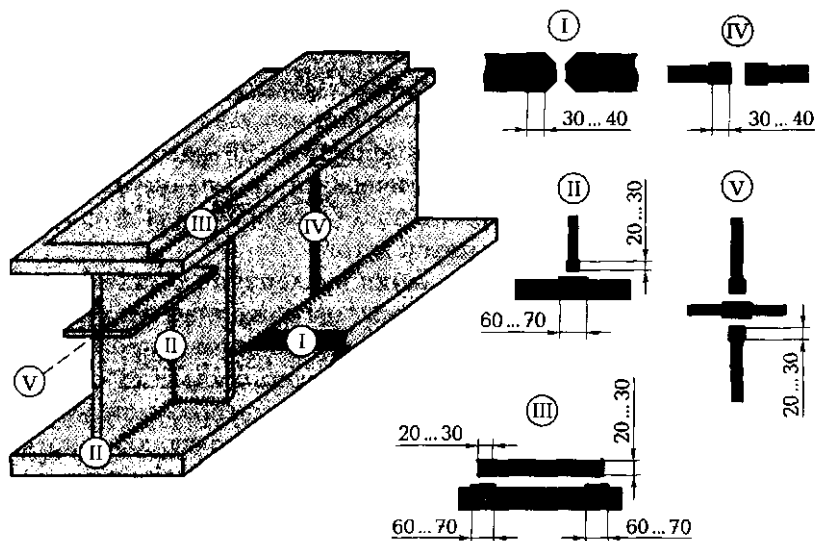


Рис. 4.1. Участки металла, зачищаемые перед сваркой (указаны утолщенной линией), и зоны зачистки перед сваркой: I и IV — стыковые; II и V — тавровые; III — нахлесточное

узла в большинстве случаев безрезультатна, так как не достигается основная цель — очистка свариваемых кромок, а иногда даже и вредна в связи с тем, что продукты зачистки, попадая в зазор (особенно после сварки первого шва таврового соединения), задерживаются там.

Имеет смысл только прожигание места сварки газовым пламенем или продувка сухим сжатым воздухом непосредственно перед сваркой. При этом удаляются попавшие в зазор уже после сборки влага и грязь. Эта операция достигает цели при прожигании металла толщиной 10...12 мм с одной стороны и 18...20 мм с двух сторон. При электрошлаковой сварке в большинстве случаев зачистки кромок не требуется.

Сварке всегда предшествует сборка конструкции, т. е. установление и фиксация деталей в предусмотренном проекте положении. Сборка под сварку является одной из трудоемких и наименее механизированных операций. Она должна обеспечивать возможность качественной сварки конструкции. Для этого необходимо выдерживать заданный зазор между соединяемыми деталями, установить детали в проектное положение и закрепить между собой так, чтобы взаиморасположение деталей не нарушилось в процессе сварки

и кантовки, если необходимо — и транспортировки. Должен быть обеспечен свободный доступ к месту сварки. При электрошлаковой сварке детали, как правило, собирают с расширяющимся к концу шва зазором, что позволяет компенсировать усадку металла шва.

В подавляющем большинстве случаев взаимное расположение деталей перед дуговой сваркой фиксируется при помощи коротких отрезков швов, называемых прихватками (рис. 4.2, а). Сечение прихваток не должно превышать  $\frac{1}{3}$  сечения шва. Их максимальное сечение — 25...30 мм<sup>2</sup>, не более, длина — 20...120 мм, расстояние между ними — 300...800 мм. Прихватки выполняют покрытыми электродами, в защитных газах или под флюсом. В ряде случаев, особенно при сварке жестких узлов, прихватки заменяют сплошным швом небольшого сечения (беглым швом), что значительно повышает стойкость металла шва против кристаллизационных трещин и уменьшает вероятность нарушения заданного взаимного расположения деталей в процессе сварки вследствие растрескивания прихваток. Беглый шов сваривают вручную или механизированным способом.

Прихватки и беглый шов рекомендуется выполнять со стороны, обратной наложению первого рабочего шва или слоя. Беглый шов кроме скрепления деталей служит для удержания флюса и металла сварочной ванны в зазоре. При сварке ответственных конструкций вручную или в защитных газах на режимах, обеспечивающих малую глубину провара основного металла, прихватки и беглый шов следует удалять при наложении рабочего шва путем расчистки корня шва. При сварке под флюсом и в защитных газах на режимах, обеспечивающих достаточное проплавление основного металла, эта операция лишняя.

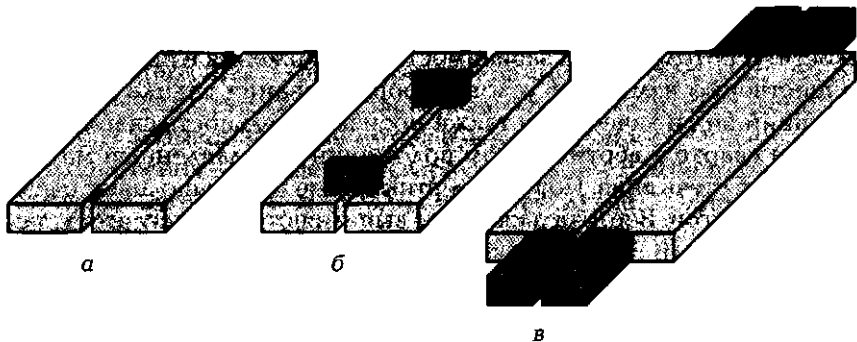


Рис. 4.2. Способы закрепления деталей перед сваркой:  
а — прихватки; б — гребенки; в — концевые планки

Для скрепления деталей перед сваркой и в процессе нее применяют специальные планки-гребенки, удаляемые по мере формирования шва (рис. 4.2, б). Недостатками гребенок являются затраты металла на их изготовление и необходимость сварки и последующей зачистки остатков прихваток, расположенных на основном металле.

Для закрепления деталей широко применяют струбцины, клинья, стяжные уголки и другие механические приспособления. В некоторых случаях при массовом характере производства используются специальные кондукторы, в которых осуществляется сборка и сварка.

По концам детали обычно устанавливают специальные планки для вывода начала и конца шва за его пределы (рис. 4.2, в). Эти же планки служат и для скрепления деталей. При сварке с обязательным зазором в верхнюю часть зазора вводят короткие прокладки, которые соединяют с листами с помощью прихваток. При электрошлаковой сварке для фиксации деталей применяют скобы, устанавливаемые на расстоянии 500... 1 000 мм друг от друга. Иногда применяют вставки, удаляемые при подходе сварочного аппарата. Для вывода начала шва за пределы соединения при электрошлаковом процессе применяют выводные планки, имеющие ту же толщину, что и основной металл. Они также служат элементом, скрепляющим детали между собой.

## **4.2. СБОРКА В НАКЛОННОМ, ВЕРТИКАЛЬНОМ И ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ПОЛОЖЕНИЯХ ШВА**

Различают следующие основные положения швов в пространстве: нижнее, вертикальное, горизонтальное (на вертикальной плоскости) и потолочное. В зависимости от положения в пространстве существенно изменяют условия формирования валика шва, его внешний вид и качество, а также производительность сварки.

При сварке в вертикальном положении расплавленный металл стремится стечь вниз. Поэтому вертикальные швы выполняют очень короткой дугой. Вертикальные швы выполняют как снизу вверх, так и сверху вниз. В первом случае дуга возбуждается в самой нижней точке вертикально расположенных пластин, и после образования ванны жидкого металла электрод, установленный сначала горизонтально, отводят несколько вверх. При этом застывший металл шва образует подобие полочки, на которой удерживаются последующие капли металла. Для предотвращения вытекания жидкого металла из



ванны необходимо совершать колебательные движения электродом поперек оси шва с отводом его вверх и поочередно в обе стороны. Это обеспечивает быстрое затвердевание жидкого металла.

Сварку сверху вниз применяют при малой толщине металла или при наложении первого слоя шва в процессе многослойной сварки. В этом случае подтекающий под дугу жидкий металл уменьшает возможность образования сквозных прожогов. В начале сварки дуга возбуждается в самой верхней точке пластин при горизонтальном расположении электрода. После образования ванны жидкого металла электрод наклоняют на  $15 \dots 20^\circ$  с таким расчетом, чтобы дуга была направлена на основной и наплавленный металл. Для улучшения условий формирования шва амплитуда колебаний электрода должна быть небольшой, а дуга очень короткой, чтобы капли расплавленного металла удерживались от стекания вниз.

Вертикальные швы на металле большой толщины с X-образной подготовкой кромок сваривают, начиная с верхней части швов. Когда работают два сварщика: один выполняет первый слой в свариваемой секции и сразу после этого с обратной стороны соединения вырубает корень шва, а другой сварщик укладывает все слои на своей стороне секции. В это время первый сварщик укладывает все слои шва, находящиеся на его стороне секции. В такой же последовательности сваривают все последующие секции. Сварку ведут без перерывов по горячему предыдущему слою.

Выполнение швов в потолочном положении — это трудоемкая операция, потому что сила тяжести препятствует переносу металла с электрода в сварочную ванну, а расплавленный металл — стремится вытечь из ванны вниз. Поэтому в процессе сварки нужно добиться, чтобы объем сварочной ванны был небольшим. Этого достигают применением электродов малого диаметра (3... 4 мм, не более) и небольших сварочных токов. Основное условие получения качественного шва — поддержание самой короткой дуги путем периодических замыканий электрода с ванной жидкого металла. В момент замыкания капля металла под действием сил поверхностного натяжения втягивается в сварочную ванну. В момент удаления электрода дуга гаснет и металл шва затвердевает. Одновременно электроду сообщаются колебательные движения поперек шва. Наклон электрода к поверхности детали должен составлять  $70 \dots 80^\circ$  в направлении сварки.

**Сварка стыкового соединения со скосом кромок в горизонтальном положении.** Данное соединение, а также пространственное положение, в котором оно находится, очень часто встречается при сварке труб и ответственных стыковых соединений. При вы-

полнении некоторых работ иногда предъявляются требования, чтобы швы выполнялись с поперечными колебаниями электрода. В большинстве случаев применяется сварка узкими валиками без поперечных колебаний электрода.

При сварке необходимо поддерживать короткий дуговой промежуток, заставляя электродный металл наплавляться непосредственно в зазоре корневой части соединения. При сварке можно использовать возвратно-поступательные перемещения электрода. При перемещениях вперед нельзя допускать, чтобы сварочная дуга обрывалась. Необходимо во время таких перемещений обеспечить предварительный подогрев металла перед наплавляемым швом. Одновременно рекомендуется контролировать, чтобы расплавленный металл сварочной ванны достаточно быстро застывал и не стекал на нижнюю пластину. На обратной стороне соединения должно быть полное проплавление.

Для второго и последующих проходов сварочный ток может быть значительно увеличен. Можно использовать сварку узкими валиками, без поперечных колебаний, можно также использовать сварку с поперечными колебаниями электрода. Требуется обеспечить гарантированное сплавление всех проходов с поверхностью всех предшествующих проходов, а также с поверхностями свариваемых пластин. Во время сварки необходимо избегать появления подрезов.

**Сварка стыкового соединения со скосом одной кромки в горизонтальном положении.** Наиболее часто при выполнении стыковых соединений в горизонтальном положении скашивают кромку только у верхнего листа. Дугу возбуждают на горизонтальной кромке нижнего листа, перемещают затем на скошенную кромку верхнего листа. Техника сварки ничем не отличается от описанной ранее, за исключением последовательности наложения слоев.

**Сварка нахлесточного соединения в вертикальном положении снизу вверх.** При выполнении ответственных сварочных работ с использованием нахлесточных соединений, находящихся в вертикальном положении, как правило, сварку производят снизу вверх. Такая сварка имеет место при выполнении сварочных работ в судостроении, при изготовлении сосудов высокого давления, а также при изготовлении металлоконструкций.

При сварке небольших толщин и для выполнения первых проходов в многопроходных сварных швах, выполняемых при сварке нахлесточных соединений, применяются однопроходные угловые швы, при выполнении которых необходимо устанавливать небольшое значение сварочного тока.

На нижней части соединения образуется полка из наплавленного металла, имеющая размеры, соответствующие размерам сварного шва. Следует применять возвратно-поступательные перемещения электрода. При переносе электродного металла следует поддерживать короткую дугу, при переходе вверх дугу следует растянуть, не допуская при этом ее обрыва. Когда электрод находится над сварочной ванной, можно производить небольшие поперечные перемещения электрода. Это способствует лучшему формированию сварного шва. Во время сварки необходимо следить за тем, чтобы перемещения электрода всегда сохранялись в пределах ширины шва таким образом, чтобы кромка верхней пластины не прожигалась, а на плоской поверхности пластины не появлялись подрезы.

Для выполнения сварных швов нахлесточных соединений большой толщины применяется многопроходная или однопроходная сварка с поперечными перемещениями электрода. При многопроходной сварке первый проход выполняется узким валиком без поперечных перемещений электрода. При выполнении второго прохода сварочный ток должен быть достаточным для обеспечения гарантированного проплавления в корневой части соединения и сплавления с кромками. При этом, сохраняя электрод над поверхностью сварочной ванны, нужно перемещать ее вверх, одновременно сдвигая сварочную ванну в стороны, поочередно то влево, то вправо.

Равномерные перемещения сварочной ванны, выполняемые в процессе сварки, позволяют получить ровную, с малой выпуклостью поверхность шва. Кратковременные остановки в крайних точках поперечных колебаний предотвратят появление подрезов, но при этом нужно избегать прожога кромки верхней пластины.

Сварку нахлесточного соединения можно производить также однопроходным угловым швом с поперечными колебаниями электрода. Техника сварки аналогична выполнению второго прохода при многопроходной сварке. Отличие заключается в том, что электрод необходимо располагать под большим углом к нижней пластине и задержки перемещения выполнять только на нижней пластине.

**Сварка таврового соединения в вертикальном положении однопроходным угловым швом.** Сварка вертикальных стыков чаще всего производится снизу вверх, хотя встречаются случаи, когда необходимо выполнять сварку сверху вниз. Выбор количества проходов определяется назначением данного соединения, а также толщиной свариваемых пластин.

При выполнении сварки таврового соединения в вертикальном положении однопроходным угловым швом без поперечных пере-

мещений электрода сварочный ток должен быть достаточно большим, чтобы обеспечить стабильное проплавление в корневой части соединения, а также с поверхностями пластин.

Сварка производится на обратной полярности с колебаниями электрода вверх-вниз. В момент переноса электродного металла необходимо поддерживать короткую дугу, при перемещении электрода вверх дугу следует растянуть, однако при этом не допускать ее обрыва. Необходимо периодически производить отвод электрода от сварочной ванны для предотвращения перегрева свариваемого металла и последующего его растрескивания, а также вытекания сварочной ванны. Вместе с тем необходимо удерживать сварочную ванну на одном месте, вплоть до момента, пока не будет достигнуто требуемое проплавление, сплавление со свариваемыми кромками и образование шва необходимого профиля без подрезов.

Сварку таврового соединения в вертикальном положении можно производить однопроходным угловым швом с поперечными колебаниями электрода. Техника сварки аналогична выполнению второго прохода при многопроходной сварке.

**Сварка таврового соединения в вертикальном положении многопроходным угловым швом.** Сварка данного соединения производится снизу вверх, обычно на обратной полярности, но иногда для этих целей используется и прямая полярность. Сварной шов можно выполнять узкими валиками, без поперечных колебаний, но значительно чаще он выполняется с поперечными перемещениями электрода.

При сварке многопроходного шва с поперечными колебаниями первый проход аналогичен выполнению однопроходного шва и выполняется без поперечных перемещений электрода или в некоторых случаях с небольшими поперечными колебаниями. Сварочный ток должен быть достаточным для обеспечения гарантированного проплавления в корневой части соединения и сплавления с кромками.

Во время сварки необходимо сохранять электрод над поверхностью сварочной ванны, перемещать сварочную ванну вверх, одновременно сдвигая ее в стороны, поочередно то влево, то вправо. Равномерные перемещения сварочной ванны, выполняемые в процессе сварки, позволяют получить ровную, с малой выпуклостью поверхность шва, а кратковременные остановки электрода в крайних точках поперечных перемещений предотвратят появление подрезов. Во время сварки необходимо поддерживать короткую дугу, но избегать контакта электрода с расплавленным металлом сварочной ванны.

При использовании электрода большого диаметра необходимо увеличить сварочный ток. Положение электрода при сварке третье-

го прохода аналогично второму проходу. При применении электрода большого диаметра и увеличении сварочного тока желательнее ускорять перемещение электрода вверх при достижении сварочной ванный крайней точки траектории поперечных колебаний. При этом необходимо обращать внимание на продолжение горения дуги во время всех этих перемещений. В ходе перемещения дуги вверх дугу необходимо растягивать. После достаточного охлаждения сварочной ванны электрод возвращается к кратеру и производится наплавка дополнительного металла.

Во время сварки необходимо поддерживать постоянство ширины траектории поперечных колебаний, следить за тем, чтобы она не превышала ширину валика шва.

**Сварка стыкового соединения со скосом кромок на подкладке в вертикальном положении.** Данный тип соединения довольно часто встречается при строительстве трубопроводов, сосудов высокого давления, а также в судовых конструкциях. Сварка производится на обратной полярности снизу вверх.

При первом проходе сварочный ток должен быть большим. Используется техника наплавки узких валиков, без поперечных колебаний, в вертикальном положении. Шов должен обладать хорошим сплавлением с подкладкой и с поверхностями обеих кромок в своей корневой части.

При сварке необходимо следить за тем, чтобы лицевая поверхность шва была максимально плоской. Если в сварном соединении зазор в корне очень широк, то необходимо сделать два-три прохода, чтобы выполнить подварочный шов. В процессе сварки необходимо обращать внимание на то, чтобы все наложенные слои имели хорошее сплавление друг с другом.

При выполнении второго прохода сварочный ток не должен быть слишком велик. Используется техника сварки с поперечными колебаниями электрода. В качестве реперов, по которым можно определять ширину этих поперечных колебаний, используются кромки ранее наплавленных валиков. При выполнении сварки необходимо следить за тем, чтобы поверхность сварного шва была плоской, избегать появления подрезов. Сварной шов не должен иметь острых кромок, поскольку в таких кромках могут образовываться зашлаковки.

Величина сварочного тока при третьем проходе должна обеспечивать как хорошее проплавление и сплавление, так и малую выпуклость шва. Поперечные колебания электрода не должны выходить за пределы скошенных кромок разделки. Во избежание появления подрезов необходима задержка электрода в крайних

точках траектории поперечных колебаний. Для предотвращения появления излишней выпуклости сварного шва скорость сварки должна быть достаточно высокой.

**Сварка стыкового соединения без скоса кромок в вертикальном положении.** Сварка данного соединения производится снизу вверх на обратной полярности многопроходным швом. Техника сварки корневого прохода с большим зазором в стыковом соединении без скоса кромок достаточно сложна.

Сварочный ток при выполнении первого прохода не должен быть слишком большим, но вместе с тем достаточным для гарантированного проплавления корневой части соединения и образования на обратной стороне стыка достаточной выпуклости. Для сварки первого прохода используется техника сварки узкими валиками без поперечных колебаний электрода. Необходимо добиваться получения на обратной стороне соединения шва с небольшой выпуклостью.

Значение сварочного тока и положение электрода при втором проходе практически не отличаются от аналогичных показателей при сварке первого прохода. Не допускается производить поперечные колебания со слишком большой амплитудой. Скорость перемещения электрода должна быть такой, чтобы не возникла избыточная выпуклость шва и не образовывались подрезы.

**Сварка таврового соединения в потолочном положении однопроходным угловым швом.** Данное сварное соединение и положение при сварке нередко встречается в судостроении и при изготовлении металлоконструкций.

Сварка таврового соединения в потолочном положении однопроходным угловым швом производится на обратной полярности, при этом сварочный ток не должен быть слишком большим по величине. В процессе сварки используются возвратно-поступательные перемещения электрода. При наплавке металла необходимо поддерживать короткую дугу. При перемещении вперед дуга не должна обрываться.

Во время сварки нужно уделять особое внимание обеспечению хорошего сплавления и проплавления в корневой части соединения, а также с боковыми кромками. Нельзя допускать стекания шлака в головную часть сварочной ванны. Для предотвращения появления избыточной высоты и выпуклости сварного шва не допускается перегрев сварочной ванны.

**Сварка таврового соединения в потолочном положении многопроходным угловым швом.** При сварке угловым швом в потолочном положении больше чем за один проход применяется техника сварки без поперечных колебаний электрода. Сварку выполняют

на обратной полярности, при этом сварочный ток не должен быть слишком велик.

Каждый проход должен иметь хорошее сплавление со смежными валиками и с поверхностью свариваемых кромок. Лицевая поверхность каждого прохода должна быть максимально плоской.

**Сварка нахлесточного соединения однопроходным угловым швом в потолочном положении.** Данное сварное соединение и положение при сварке очень часто встречаются при сооружении резервуаров и в судостроении. Из-за габаритных размеров и характерных особенностей этих объектов их кантовка для проведения сварки нецелесообразна. Большинство подобных работ выполняется на обратной полярности, однако имеются случаи, когда необходимо сваривать нахлесточное соединение в потолочном положении и на прямой полярности.

Величина сварочного тока при сварке на обратной полярности не должна быть меньше, чем при сварке на прямой полярности.

При сварке можно применять колебательные перемещения электрода в направлении сварки. При перемещении электрода вперед необходимо следить, чтобы не произошел обрыв сварочной дуги. Такие перемещения электрода служат для предварительного подогрева кромок перед наплавкой на них электродного металла и способствуют предотвращению перегрева сварочной ванны, а перемещения электрода и сварочной дуги вызывают отгеснение шлака в хвостовую часть сварочной ванны. Не допускается выход сварочной дуги на поверхность верхней пластины и за границы наружной поверхности сварного шва.

При сварке на прямой полярности сварной шов имеет тенденцию к образованию избыточной выпуклости.

**Сварка таврового соединения многопроходным угловым швом с поперечными колебаниями в потолочном положении.** При выполнении первого прохода сварочный ток должен быть достаточно большим. Длина сварочной дуги должна быть небольшой, при сварке необходимо использовать поперечные колебания электрода, а его перемещения должны производиться быстрыми скользящими движениями. В то же время необходимо следить за тем, чтобы одновременно не происходило значительное увеличение длины дуги.

В процессе проведения сварки нужно обращать внимание на поддержание стабильного горения сварочной дуги, не допускать ее обрыва. После кристаллизации кратера подвести к нему электрод и переварить кратер. Это способствует предотвращению перегрева сварочной ванны и появлению трещин в металле сварного шва.

Происходит предварительный подогрев корневой части сварного шва до того, как на него будет наплавлен электродный металл. Кроме того, такая техника сварки приводит к оттеснению шлака в верхнюю часть наплавленного металла. Улучшается возможность для контроля за наплавленным металлом и сварочной дугой, предотвращается появление подрезов, наплывов и избыточной выпуклости сварного шва, улучшается внешний вид поверхности сварного шва, она становится более однородной.

Второй проход выполняется так же, как и первый, с тем только отличием, что за второй проход наплавляется большее количество электродного металла. Выполнение второго прохода, как правило, вызывает бóльшие сложности, чем первого.

**Сварка стыкового соединения со скосом кромок на подкладке многопроходным швом в потолочном положении.** Данный тип сварного соединения и условия проведения сварки нередко встречаются при сварке труб и резервуаров, когда сварка выполняется на кольцевых подкладках.

Сварка производится на обратной полярности. Сварочный ток должен быть достаточно большим. Для обеспечения хорошего переноса металла необходимо поддержание короткой дуги. Перемещения электрода должны носить скользящий характер. Необходимо обращать внимание на обеспечение гарантированного сплавления в области подкладки и между кромками в корневой части соединения. Лицевая поверхность сварного шва по возможности должна иметь минимальную выпуклость.

Второй и последующие проходы производятся с использованием техники скользящих перемещений электрода, без поперечных его перемещений. Если металл начинает перегреваться, необходимо удлинить дугу и переместить электрод вперед, пока кратер с перегретой сварочной ванной не остынет.

Необходимо обеспечить гарантированное сплавление как с поверхностями ранее наплавленных валиков, так и со стенками разделки. Следует обращать внимание на необходимость очистки от шлака поверхности шва после каждого прохода.

**Сварка стыкового соединения со скосом кромок многопроходным швом в потолочном положении.** Данный тип сварного соединения и условия, в которых сварка выполняется, зачастую встречаются при сварке труб и металлоконструкций из листового проката.

Сварка стыкового соединения со скосом кромок многопроходным швом производится на обратной полярности с поперечными колебаниями электрода. Сварочный ток при первом проходе не должен быть слишком большим, но при этом должен обеспечивать



гарантированное проплавление с обратной стороны. Выполнение первого, корневого, прохода аналогично сварке первого прохода в ранее рассмотренных соединениях. Лицевая поверхность сварного шва должна быть плоской. С обратной стороны должен образовываться небольшой валик.

При втором и последующих проходах сварочный ток должен быть несколько больше, чем при первом проходе. Применяется техника сварки с поперечными колебаниями электрода. Перемещения электрода в поперечном направлении должны производиться быстрыми движениями, чтобы в центральной части сварного шва не получалась слишком большая выпуклость. Кроме того, траектория поперечных перемещений электрода не должна выходить за пределы ширины сварного шва. Для предотвращения появления подрезов используется задержка электрода в крайних точках траектории поперечных колебаний.

### 4.3. СВАРОЧНЫЕ ПРИХВАТКИ

*Сварка прихватками* — фиксация взаимного расположения свариваемых деталей или узлов короткими сварными швами.

Фиксация собранных деталей чаще всего осуществляется на прихватках. В таком виде собранный узел должен обладать такой жесткостью и прочностью, какая необходима при извлечении его из сборочного приспособления и транспортировке к месту сварки, а также для уменьшения сварочных деформаций. При назначении размеров и расположения прихваток учитывают еще и необходимость предотвращения их вредного влияния на качество выполнения сварных соединений и работоспособность конструкции. Поэтому прихватки должны иметь небольшие размеры поперечного сечения и располагаться в местах, где они полностью будут переварены при укладке основных швов. Если же прихватки укладывают в местах, где швы проектом не предусмотрены, то после сварки такие прихватки следует удалить, а поверхности — тщательно зачистить. При использовании сборочно-сварочных приспособлений сварку выполняют после сборки, не вынимая изделия из приспособления, поэтому в ряде случаев можно обходиться без прихваток.

Последовательность выполнения сборочных и сварочных операций может быть различной:

- сварку производят после полного завершения сборки;
- сборку и сварку выполняют попеременно (например, при изготовлении конструкции путем наращивания отдельных элементов);

- общей сборке и сварке конструкции предшествует сборка и сварка подузлов и узлов.

Последовательность операций устанавливают в зависимости от характера производства, типа конструкции, ее габаритных размеров и требуемой точности размеров и формы.

Длина прихваточного шва, его ширина, расстояние между прихватками выбираются в зависимости от толщины металла свариваемых деталей и их жесткости. Общим подходом является положение, регламентирующее площадь поперечного сечения прихватки, которая не должна превышать 30 % от площади поперечного сечения основного шва.

#### 4.4. КОНТРОЛЬ СОБРАННЫХ ПОД СВАРКУ ИЗДЕЛИЙ

---

Перед сборкой заготовок проверяют чистоту поверхности металла, который должен быть тщательно очищен от грязи, ржавчины, окалины, масел и инородных включений. Проверяют габаритные размеры заготовок, качество разделки кромок и углы их скоса, а при сварке алюминия и его сплавов — качество очистки поверхности от пленки оксидов.

Разделка кромок под сварку и зазоры между свариваемыми деталями определены для ручной электродуговой сварки ГОСТ 5264—80\* и ГОСТ 11534—75, для автоматической и полуавтоматической сварки — ГОСТ 8713—79 и ГОСТ 11533—75, а также техническими условиями на данную свариваемую конструкцию. Как известно, от качества подготовки кромок под сварку и величины зазоров между свариваемыми деталями в значительной степени зависят качество сварного соединения и производительность сварочных работ. Например, уменьшение угла скоса кромок приводит к непровару корня шва, а его увеличение повышает количество наплавленного металла и его усадку и, соответственно, увеличивает деформации.

Узлы и детали конструкций собирают под сварку в сборочных приспособлениях или на выверенных стеллажах. Основными контролируемыми размерами при сборке являются:

- **для стыковых швов** — зазор между кромками, притупление и угол раскрытия шва;
- **нахлесточных соединений** — ширина нахлестки и зазор между листами;

- **тавровых соединений** — угол и зазор между свариваемыми деталями, притупление и угол скоса кромок;
- **угловых соединений** — зазор между свариваемыми деталями и угол между ними.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Влияет ли качество сборки деталей под сварку на качество сварного соединения?
2. Какими способами осуществляется выполнение разделки кромок под сварку?
3. Какие участки деталей подвергают зачистке непосредственно перед сваркой?
4. Что такое прихватка?
5. Какими основными параметрами характеризуются прихватки?
6. Что собой представляет беглый шов?
7. Какие параметры контролируются при сборке стыковых соединений?
8. Какие параметры контролируются при сборке нахлесточных соединений?
9. Какие параметры контролируются при сборке тавровых соединений?
10. Какие нормативные документы регламентируют требования к точности сборки деталей под сварку?

# ДЕФЕКТЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

## 5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В соответствии с ГОСТ 30242—97 дефекты сварных соединений подразделяются на шесть групп:

- 1) трещины;
- 2) поры;
- 3) твердые включения;
- 4) несплавления и непровары;
- 5) нарушения формы шва;

6) прочие дефекты (не включенные в группы 1—5). Согласно ГОСТ 7512—85 **в зависимости от местонахождения** различают наружные и внутренние дефекты.

К *наружным дефектам* относятся дефекты формы сварного шва и вышедшие на поверхность швов поры, свищи, трещины и подрезы, а к *внутренним дефектам* — поры, твердые включения шлака или инородного металла, непровары и внутренние трещины разного рода. Однако подобное разделение дефектов на две группы весьма условно, так как многие наружные дефекты оказываются следствием существования, а зачастую и внешним проявлением внутренних дефектов.

Иногда дефекты классифицируют **в соответствии с причиной их образования**. В этом случае дефекты подразделяют на две группы. К первой относят дефекты, появление которых связано с физико-химическими процессами, протекающими при формировании и кристаллизации сварочной ванны и остывании сварного соединения. Это кристаллизационные и холодные трещины, возникающие чаще всего в металле шва и околосшовной зоне соответственно, поры, неметаллические включения и несплавления. К этой группе дефектов можно отнести неблагоприятную структуру металла шва, сегрегацию примесей в шве.

Вторая группа дефектов, появление которых обусловлено нарушением технологии сварки, включает в себя непровары, подрезы,

прожоги, несоблюдение заданных размеров шва и др. Однако и такая классификация условна, так как образование дефектов, отнесенных ко второй группе, во многом связано с физико-химическими процессами, протекающими при сварке.

Таблица 5.1. Обозначения и наименования дефектов сварных соединений

Обозначение дефекта и его разновидности	Наименование дефекта
<b>Группа 1. Трещины</b>	
100	Трещины
1001	Микротрещина
101	Продольная трещина
1011	Продольная трещина в металле сварного шва
1012	Продольная трещина на границе сплавления
1013	Продольная трещина в зоне термического влияния
1014	Продольная трещина в основном металле
102	Поперечная трещина
1021	Поперечная трещина в металле сварного шва
1023	Поперечная трещина в зоне термического влияния
1024	Поперечная трещина в основном металле
103	Радиальные трещины
1031	Радиальные трещины в металле сварного шва
1033	Радиальные трещины в зоне термического влияния
1034	Радиальные трещины в основном металле
104	Трещина в кратере
1045	Продольная трещина в кратере
1046	Поперечная трещина в кратере
1047	Звездоподобная трещина в кратере

Обозначение дефекта и его разновидности	Наименование дефекта
105	Радиальные трещины
1051	Радиальные трещины в металле сварного шва
1053	Радиальные трещины в зоне термического влияния
1054	Радиальные трещины в основном металле
106	Разветвленные трещины
1061	Разветвленные трещины в металле сварного шва
1063	Разветвленные трещины в зоне термического влияния
1064	Разветвленные трещины в основном металле
<b>Группа 2. Полости</b>	
200	Газовая полость
2011	Газовая пора
2012	Равномерно распределенная пористость
2013	Скопление пор
2014	Цепочка пор
2015	Продолговатая полость
2016	Свиц
2017	Поверхностная пора
202	Усадочная раковина
2024	Кратер
<b>Группа 3. Твердые включения</b>	
300	Твердое включение
301	Шлаковое включение
3011	Линейные шлаковые включения
3012	Разобценные шлаковые включения
3013	Прочие шлаковые включения

Обозначение дефекта и его разновидности	Наименование дефекта
302	Флюсовое включение
3021	Линейные флюсовые включения
3022	Разобщенные флюсовые включения
3023	Прочие флюсовые включения
303	Оксидное включение
304	Металлическое включение
3041	Металлическое включение из вольфрама
3042	Металлическое включение из меди
3043	Металлическое включение из других металлов (кроме вольфрама и меди)
<b>Группа 4. Несплавления и непровары</b>	
401	Несплавление
4011	Несплавление по боковой стороне
4012	Несплавление между валиками
4013	Несплавление в корне сварного шва
402	Непровар (неполный провар)
<b>Группа 5. Нарушения формы шва</b>	
500	Нарушение формы шва
5011	Подрез зоны сплавления
5013	Усадочная канавка
502	Избыточная выпуклость стыкового шва
503	Избыточная выпуклость углового шва
504	Избыточная выпуклость корня шва
5041	Местная избыточная выпуклость проплава
505	Неправильный профиль сварного шва
506	Наплав
507	Линейное смещение

Обозначение дефекта и его разновидности	Наименование дефекта
508	Угловое смещение
509	Натек
510	Прожоги
511	Неполностью заполненная разделка кромок
512	Чрезмерная асимметрия углового шва
513	Неравномерная ширина шва
514	Неровная поверхность шва
515	Вогнутость корня шва
516	Пористость в корне шва
517	Возобновление шва
<b>Группа 6. Прочие дефекты</b>	
600	Прочие дефекты
601	Случайная дуга
602	Брызги металла
603	Вольфрамовые брызги

В зависимости от вида полей напряженного состояния, создаваемых дефектами, их можно подразделить на два класса.

К первому относят концентраторы (округлые в минимальном сечении и перпендикулярные разрушающей нагрузке) и эллипсоидальные полости разной остроты (сферические и вытянутые поры, неметаллические включения и трещины округлой формы).

Во второй класс входят концентраторы, моделируемые плоской задачей, трещины, подрезы, места перехода от основного металла к наплавленному и некоторые концентраторы конструктивного характера.

Таким образом, классификация дефектов сварных соединений может быть выполнена по различным признакам. В наиболее обобщенном виде современная классификация и обозначения дефектов, принятые ГОСТ 30242 – 97, приведены в табл. 5.1. Отметим, что приведенные дефекты характерны для всех способов сварки плавлением.



**Трещины.** Трещина — дефект сварного соединения в виде разрыва в сварном шве и (или) прилегающих к нему зонах. Трещины относятся к наиболее серьезным дефектам сварных соединений, как правило, подлежащим устранению.

**Микротрещина** представляет собой трещину микроскопических размеров, которую обнаруживают физическими методами не менее чем при 50-кратном увеличении.

**Продольные трещины** (рис. 5.1), ориентированные параллельно оси сварного шва, могут возникать в металле шва, на границе сплавления, в зоне термического влияния и основном металле. Конфигурация трещин в основном определяется формой линии сплавления основного металла и шва. Они появляются вследствие высокотемпературной хрупкости металла (горячие трещины) или его замедленного разрушения (холодные трещины).

**Горячие трещины** — хрупкие межкристаллические разрушения металла шва или околошовной зоны, возникающие в твердотекучем состоянии в процессе кристаллизации, а также при высоких температурах в твердом состоянии (в стали они образуются при температурах, превышающих 1000 °С). Горячие трещины извилисты, в изломе имеют темный цвет, сильно окислены и распространяются по границам зерен.

Согласно современным представлениям появление горячих трещин связано с наличием жидкой прослойки между зернами в процессе кристаллизации и влиянием деформации сжатия. В интервале температур, заключенном между температурами плавления и полного затвердевания металла, происходит миграция примесей и загрязнений в межзеренное пространство. Наличие меж-

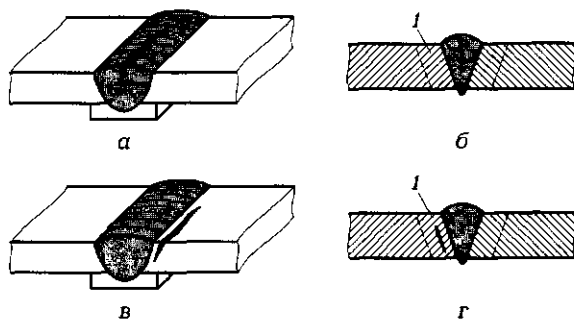


Рис. 5.1. Продольные трещины в металле сварного шва (а, б) и зоне термического влияния (в, г):

1 — зона термического влияния

ду зернами жидкой фазы, примесей и загрязнений снижает деформационную способность шва и околошовной зоны. Неравномерность линейной и объемной усадки шва и основного металла при охлаждении приводит к возникновению внутренних напряжений, являющихся причиной появления микро- и макроскопических трещин как вдоль, так и поперек шва.

Причинами образования горячих трещин при сварке являются:

- большое количество вредных примесей (особенно серы и фосфора) в металле свариваемых деталей;
- наличие в металле шва элементов (хром, молибден, ванадий, вольфрам, титан), которые образуют химические соединения с низкой температурой затвердевания, нарушающие связь между зернами;
- жесткое закрепление свариваемых заготовок или повышенная жесткость сварного узла, затрудняющие перемещение заготовок при остывании.

*Холодные трещины* — локальные меж- или транскристаллические разрушения сварных соединений, образующиеся в металле при остывании до относительно невысоких температур (как правило, ниже 200 °С). Холодные трещины в шве и переходной зоне могут быть расположены под любым углом к шву. В изломе они светлые или с бледными цветами побежалости.

Холодные трещины возникают преимущественно при дуговой сварке низколегированной стали большой толщины (чаще всего в переходной зоне) вследствие неправильной техники сварки или неправильного выбора присадочного металла. Для предупреждения их образования осуществляют:

- прокаливание флюсов и электродов перед сваркой;
- предварительный подогрев свариваемых заготовок до температуры 250... 450 °С;
- ведение процесса сварки в режиме с оптимальными параметрами;
- наложение швов в правильной последовательности;
- медленное охлаждение соединений после сварки;
- проведение непосредственно после сварки отжига для снятия остаточных напряжений.

*Общими причинами появления трещин* как горячих, так и холодных в швах сварных соединений являются:

- излишне высокая жесткость соединений;
- недостаточная ширина сварного шва для данной толщины соединения;

- несоблюдение или неправильный выбор технологии сварки;
- наличие дефектов в сварном шве;
- неправильная подготовка соединения под сварку;
- неудовлетворительное качество или неправильный выбор типа электродов;
- использование сварочного тока повышенной силы, что может привести к образованию крупнозернистых охрупченных участков структуры;
- высокое содержание углерода или легирующих элементов в основном металле, не учтенное при выборе технологии сварки.

Для предупреждения возникновения трещин в швах сварных соединений необходимо:

- 1) оптимизировать форму металлоконструкции и технологию сварки, которые позволяли бы исключить применение соединений с высокой жесткостью;
- 2) при сварке деталей значительной толщины увеличивать ширину сварных швов, не выполнять узкие валики, накладывать шов короткими участками длиной 200...250 мм;
- 3) выбирать такую последовательность выполнения сварных швов, чтобы концевые участки соединения, оставаясь максимально долго не заваренными, сохраняли наибольшую подвижность;
- 4) обеспечивать сплошность сварных швов;
- 5) в отдельных случаях осуществлять предварительный подогрев свариваемых деталей;
- 6) производить сборку свариваемых деталей или узлов с зазорами, установленными требованиями стандартов на сварку заданного металла и соответствующей технологии; при необходимости для выравнивания зазора применять стягивающие сборочные приспособления;
- 7) не завышать силу сварочного тока;
- 8) по возможности выполнять многопроходный сварной шов, так как отжиг предыдущих слоев уменьшает хрупкость шва;
- 9) подготовленную разделку кромок свариваемых деталей заполнять сразу после завершения сварки корня шва, так как воздействию напряжений обычно подвергается область корневого шва.

Продольные трещины в основном металле, смежном со сварным швом, образующиеся из-за больших напряжений, обусловленных усадкой металла сварного шва, являются скрытыми, не выходящими на поверхность (рис. 5.2). Трещины обычно проходят вдоль линии сплавления.

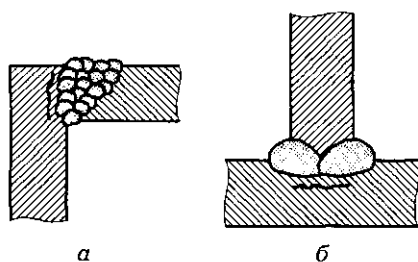


Рис. 5.2. Скрытые трещины, вызванные сжатием в основном металле углового [а] и таврового [б] соединений

Значительные сварочные напряжения, вызывающие появление скрытых трещин, в разной степени присущи всем сварным швам, но в наибольшей мере — швам, образующимся при сварке металлов большой толщины. Основные причины возникновения таких напряжений — чрезмерно жесткое соединение и ошибки в выполнении или неправильный выбор технологических приемов сварки.

При снижении сварочных напряжений уменьшается вероятность образования скрытых трещин. Для этого необходимо:

- по возможности осуществлять многопроходную сварку;
- производить проковку каждого слоя наплавленного металла;
- отжигать готовый узел при температуре 590...650 °С (продолжительность отжига определяется из расчета 1 ч на каждые 25 мм толщины основного металла);
- применять технологические приемы, уменьшающие вероятность появления скрытых трещин;
- в процессе сварки создавать условия, при которых все свариваемые части имеют неограниченную свободу для перемещения;
- при сварке сталей, склонных к образованию горячих и холодных трещин, наплавлять высоко пластичный промежуточный слой, если не снижается требуемая прочность соединения.

В случае сварки тавровых соединений при толщине металла более 20 мм следует учитывать, что двусторонний сварной шов вызывает меньшие напряжения, чем односторонний. Для двустороннего шва без разделки кромок характерны меньшие напряжения в околосшовной зоне, чем для аналогичного шва с разделкой кромок и полным проплавлением корня. Односторонний сварной шов с большим катетом следует заменять двусторонним с меньшим катетом. Выбор соответствующей формы разделки кромок углового соединения является наиболее эффективной мерой предупреждения появления скрытых трещин.

Наплавка мягкой высокопластичной прослойки толщиной 5... 10 мм и на 15... 25 мм более широкой, чем сварной шов, или наложение высокопластичных валиков на одну из поверхностей кромок позволяет в значительной мере снизить напряжения в околошовной зоне.

*Поперечные трещины* (рис. 5.3), ориентированные в направлении, перпендикулярном оси сварного шва, могут возникать в металле шва, зоне термического влияния и основном металле. Такая ориентация трещин связана с влиянием продольных составляющих сварочных напряжений. Причины их образования те же, что и у продольных трещин. Поперечные трещины также бывают горячими и холодными.

*Радиальные трещины* могут располагаться в металле сварного шва, зоне термического влияния и основном металле. Их конфигурация зависит от макроструктуры зон сварного соединения и характера внутренних напряжений. Причины появления радиальных трещин те же, что и у продольных.

*Трещина в кратере* — углубление на поверхности шва в месте отрыва дуги. Трещины могут быть продольными, поперечными и звездообразными. Их конфигурация определяется микроструктурой зон сварного соединения, а также характером термических, фазовых и механических напряжений.

*Раздельные трещины* представляют собой группу не связанных друг с другом трещин. Они могут возникать в металле сварного шва, зоне термического влияния и основном металле. Их конфигурация зависит от микроструктуры зон сварного соединения и характера термических, фазовых, ликвационных и механических напряжений. Причины образования раздельных трещин те же, что и у продольных.

*Разветвленной трещиной* сварного соединения называется трещина, имеющая ответвления в разных направлениях. Она может располагаться в металле сварного шва, зоне термического влияния и основном металле. Ее конфигурация определяется микроструктурой зон сварного соединения и характером термических, фазовых, ликвационных и механических напряжений. При-

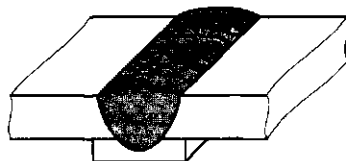


Рис. 5.3. Поперечные трещины в металле сварного шва

чины появления разветвленных трещин те же, что и у продольных.

**Полости.** Полость представляет собой несплошность произвольной формы, заполненную газом.

**Пора** — дефект сварного шва в виде полости округлой формы, заполненной газом. Диаметр такой полости не превышает 2 мм.

Подобный дефект часто встречается в металле сварных швов. Будучи результатом химических реакций, протекающих в сварочной ванне, по своей сути и по механизму образования поры аналогичны включениям, но в отличие от последних содержат газ, а не твердое вещество.

*Причиной возникновения пор* является наличие газов, не успевших выделиться из охлаждающегося металла вследствие уменьшения их растворимости, и газов, образовавшихся в результате химических реакций в расплавленном металле.

Если пористость не является избыточной, то она, как правило, не оказывает существенного влияния на прочностные свойства сварных соединений.

Появление пор в металле сварного шва может быть вызвано:

- плохим качеством или неправильным подбором типа электродов;
- неправильным выбором технологического процесса сварки;
- малой продолжительностью существования сварочной ванны, вследствие чего газы не успевают выделиться из расплавленного металла;
- низким качеством основного и присадочного металлов;
- плохой очисткой кромок.

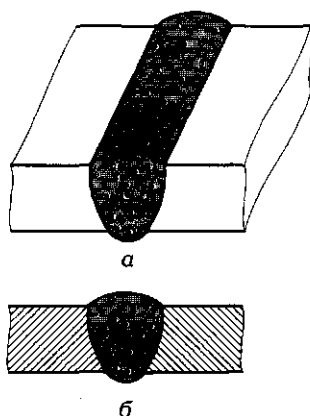
Высокая температура в зоне формирования сварного шва способствует увеличению количества газа, растворенного в расплавленном металле, и возникновению пор в металле шва.

Использование повышенной силы тока при сварке покрытыми электродами увеличивает выгорание раскисляющих элементов из покрытия электрода, что приводит к недостаточному количеству раскислителей в сварочной ванне и, как следствие, к формированию пор в металле шва.

Значительно снизить содержание пор и полостей в сварных швах, а в некоторых случаях даже избежать их образования позволяют следующие меры технологического характера:

- обоснованный выбор типа электродов;
- прокалка электродов перед сваркой;
- перемешивание жидкого металла сварочной ванны для увеличения продолжительности существования расплава;

Рис. 5.4. Равномерно распределенные поры в сварном шве (а) и его рентгенограмма (б)



- осуществление поперечных колебаний электрода в процессе сварки;
- применение рекомендуемой (не завышенной) силы сварочного тока.

При наличии сомнений в высоком качестве основного и присадочного металлов необходимо проверить их на наличие сегрегации и включений.

*Равномерно распределенные поры* (рис. 5.4) образуются при наличии ржавчины и масла на кромках свариваемых деталей, а также в случае использования влажного или крупного флюса.

**Цепочка пор** — группа пор в сварном шве, расположенных в линию, обычно параллельно оси шва, на расстоянии друг от друга менее утроенного диаметра большей из них. Появление цепочки пор вызывается главным образом подсосом воздуха в зазор между кромками свариваемых деталей.

**Продолговатая полость** — дефект, расположенный вдоль оси сварного шва (рис. 5.5). Длина полости не менее чем в два раза превышает ее высоту. Такой дефект обычно возникает в ослабленном стыке зон столбчатых кристаллитов, растущих навстречу друг другу от линии сплавления.

**Свищ** представляет собой воронкообразное углубление в сварном шве, образующееся в результате обильного выделения газа. Форма и положение свища зависят от режима кристаллизации сварочной ванны. Обычно свищи группируются в скопления и распределяются «елочкой».

Причинами образования свищей могут быть:

- чрезмерно большая амплитуда колебаний электрода;

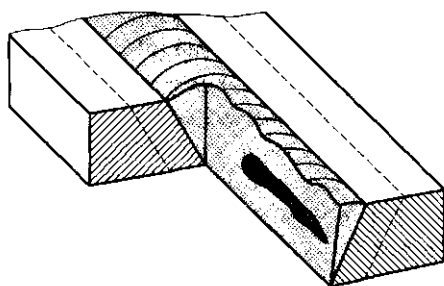


Рис. 5.5. Продолговатая полость в металле сварного шва (штриховыми линиями показаны границы зоны термического влияния]

- перегрев в процессе сварки основного металла, особенно тонколистового;
- повышенное содержание влаги в покрытии электрода.  
Для предупреждения образований свищей необходимо:
- ограничить амплитуду колебаний электрода значением, равным его четырем диаметрам;
- обоснованно выбирать силу сварочного тока и диаметр электрода с учетом толщины свариваемого металла и типа сварного соединения;
- прокалывать электроды перед сваркой.

**Поверхностная пора** представляет собой несплошность, сформировавшуюся на поверхности сварного шва.

**Усадочная раковина** (рис. 5.6) — полость или впадина, образовавшаяся при усадке металла сварочной ванны в процессе его кристаллизации. Раковины, относящиеся к наиболее крупным сварочным дефектам, обычно перпендикулярны поверхности сварного шва.

**Кратер** — углубление, образующееся в конце валика вследствие объемной усадки металла сварного шва. Размеры кратера зависят от режима сварки. Кратеры снижают прочность сварных соединений.

**Твердые включения.** Твердое включение представляет собой частицу инородного вещества (металла или неметалла) в сварном

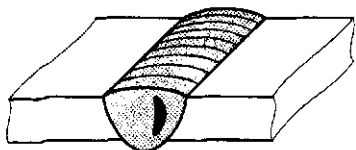


Рис. 5.6. Усадочная раковина в металле сварного шва



шве. Включения, имеющие хотя бы один острый угол, называются остроугольными.

**Шлаковое включение** — дефект в виде вкрапления шлака в металле сварного шва. В соответствии с конкретными условиями проведения сварки такие включения могут быть линейными, разобщенными и др.

В процессе плавления электродного металла и последующей кристаллизации сварочной ванны происходят химические реакции между металлом, атмосферными газами, веществами из покрытия электрода или флюсом. Образующиеся продукты реакций при меньшей плотности, чем у расплавленного металла, всплывают на его поверхность, образуя шлак, если этому не препятствуют высокая вязкость расплава, быстрое охлаждение либо чрезмерно низкая температура в зоне формирования сварного шва.

При сварке покрытыми электродами некоторая часть шлака может образовываться под поверхностью расплавленного металла. Шлак может быть увлечен в глубину сварочной ванны под действием давления дуги; кроме того, он может затекать перед дугой и вытеснять оттуда расплавленный металл.

Крупные шлаковые включения либо включения, расположенные близко друг к другу, существенно снижают прочность сварного соединения. Такие включения необходимо устранять механическим путем с последующим наложением подварочного шва на дефектный участок. Обычно не требуется удаления шлаковых включений малых размеров и одиночных включений, не влияющих на прочность сварного соединения.

Шлаковые включения, попавшие в металл сварного шва под действием давления сварочной дуги или образовавшиеся в результате химических реакций, как правило, бывают мелкими и имеют округлую форму. Подобные включения часто встречаются при сварке в потолочном положении.

Появление шлаковых включений можно предотвратить при соответствующей подготовке (перед сваркой каждого шва) кромок свариваемых деталей и ранее выполненных слоев. Необходимо уделять особое внимание предупреждению образования несплошностей, полное проплавление которых затруднено.

Выделение шлака из расплавленного металла сварочной ванны облегчается при снижении его вязкости либо замедлении кристаллизации, например посредством предварительного подогрева и повышения погонной энергии.

**Флюсовое включение** — частица флюса в металле сварного шва. В зависимости от условий сварки такие включения могут

быть линейными, разобщенными и др. Причины и способы предотвращения их возникновения аналогичны таковым у шлаковых включений.

**Оксидное включение** представляет собой частицу оксида металла, попавшую в металл сварного шва во время затвердевания.

**Металлическое включение** — частица инородного металла (вольфрам, медь и др.) в металле сварного шва.

**Несплавления и непровары.** **Несплавление** означает отсутствие соединения между металлом сварного шва и основным металлом или между примыкающими друг к другу валиками сварного шва. Различают несплавление по скосу кромки и в корне сварного шва.

Образование несплавлений может быть вызвано следующими причинами:

- локальное недостижение температуры плавления основного металла или металла ранее наплавленных валиков;
- загрязнение кромок свариваемых деталей или их неправильная подготовка (например, заниженный угол скоса кромок);
- неполное растворение во флюсе оксидов и других посторонних веществ, находящихся на поверхностях основного металла или металла ранее наплавленных валиков;
- недостаточная сила сварочного тока;
- повышенная скорость сварки;
- блуждание дуги;
- плохая очистка поверхности предыдущих слоев;
- затекание металла под дугу.

Для предотвращения несплавления не требуется расплавлять на большую глубину свариваемые кромки основного металла. Достаточно обеспечить перемешивание основного, электродного и присадочного металлов в сварочной ванне.

Для предупреждения несплавления необходимо:

- тщательно очищать поверхности свариваемых кромок от загрязнений;
- при глубокой узкой разделке кромок использовать электроды малого диаметра, которые могут достичь зоны притупления кромок;
- применять обоснованную силу сварочного тока;
- при сварке деталей большей толщины увеличивать силу сварочного тока для данного диаметра электрода;
- совершать поперечные колебания электрода с амплитудой, достаточной для расплавления кромок;

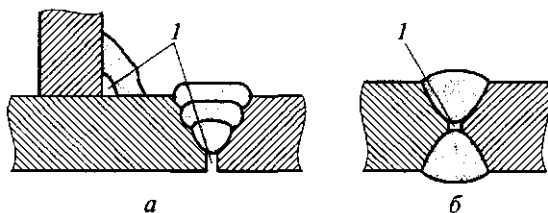


Рис. 5.7. Непровар [1] корня углового и стыкового односторонних (а) и стыкового двустороннего (б)

- использовать присадочный и электродный металлы, хорошо смачивающие основной металл.

**Непровар** (рис. 5.7) — дефект в виде несплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок или поверхностей ранее выполненных валиков сварного шва.

Термин «непровар» характеризует несплавление, образовавшееся в корне сварного шва по следующим причинам:

- недостаточная мощность дуги для проплавления основного металла;
- загрязнение поверхностей свариваемых деталей;
- перегрев части сварочной ванны над зоной притупления кромок, сопровождающийся образованием слоя жидкого металла, который препятствует поступлению в эту зону тепловой энергии сварочной дуги.

При дуговой сварке дуга самопроизвольно устанавливается между электродом и поверхностью свариваемой детали. Остальные участки основного металла нагреваются главным образом за счет его теплопроводности. При большой толщине свариваемых деталей теплопроводность может не обеспечить передачу такого количества теплоты, которое необходимо для получения корневой части соединения.

Непровар приводит к разрушению сварного шва при воздействии на него растягивающих или изгибающих напряжений. Даже если эксплуатационные напряжения в конструкции не вызывают растяжения или изгиба в данном месте, внутренние усадочные напряжения и последующая деформация свариваемых деталей в процессе сварки часто служат причинами появления трещин в сечении, где имеется непровар. Эти трещины могут распространяться при наложении последующих слоев и даже приводить к растрескиванию металла по всей толщине сварного шва.

К наиболее распространенным причинам непровара относятся:

- нарушение режима сварки;

- применение электродов завышенного диаметра;
- малый угол разделки кромок;
- недостаточный сварочный зазор;
- заниженная сила сварочного тока;
- большая скорость сварки;
- избыточное притупление кромок;
- низкая квалификация сварщика.

При чрезмерно малом угле разделки кромок ее ширина может оказаться недостаточной для свободного перемещения электрода. Слишком быстрое его перемещение вдоль свариваемых кромок может привести к попаданию электродного металла на поверхность их скоса, расположенную над притуплением, что приведет к образованию непровара в корне шва.

**Нарушения формы шва.** *Нарушение формы* — отклонение формы наружных поверхностей сварного шва или геометрических параметров соединения от требуемых. Такие нарушения относятся к наружным дефектам сварных соединений.

**Подрез зоны сплавления** (рис. 5.8) представляет собой дефект в виде углубления по линии сплавления сварного шва с основным металлом. Подрез может носить непрерывный или прерывистый характер. Образование этого дефекта обусловлено:

- применением электрода неоправданно большого диаметра;
- повышенными значениями скорости сварки, силы тока и напряжения дуги;
- чрезмерной длиной дуги, создающей избыточное давление на границе твердый металл — сварочная ванна;
- неправильными манипуляциями электродом в процессе сварки;
- выполнением сварки в пространственном положении, для которого не предназначены используемые электроды.

Разные типы электродов обладают неодинаковой способностью к образованию подрезов. Например, при использовании электро-

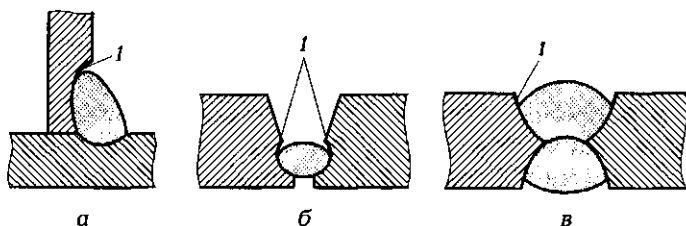


Рис. 5.8. Подрезы 1 зоны сплавления в угловом (а) и стыковых одностороннем (б) и двустороннем (в) сварных швах

дов, предназначенных для сварки на токе обратной полярности, увеличивается вероятность возникновения подрезов по сравнению со случаем применения электродов, предназначенных для сварки на токе прямой полярности. При сварке электродами первого типа для предупреждения образования подрезов следует пользоваться специальными приемами: снижать скорость перемещения электрода вдоль свариваемых кромок и совершать им поперечные колебания. При сварке электродами второго типа даже высококвалифицированные сварщики не всегда могут предотвратить появление подрезов.

Подрез относится к очень опасным дефектам, поэтому при его возникновении сварку данного соединения можно продолжать только после принятия мер, исключающих появление таких дефектов. Подрезы на поверхности сварных соединений, значительно снижающие прочность, недопустимы.

*Усадочная канавка* представляет собой подрез со стороны корня одностороннего сварного шва, вызванный усадкой металла по границе сплавления. Усадка возрастает при чрезмерно большом скосе кромок, когда увеличивается объем наплавленного металла.

**Избыточная выпуклость стыкового и углового швов** — дефект, обусловленный чрезмерным количеством присадочного металла, поступившего в шов, и возникающий вследствие нарушения режима сварки — занижения силы сварочного тока.

**Избыточная выпуклость корня шва** (рис. 5.9) — дефект, связанный с чрезмерным количеством металла на обратной стороне стыкового соединения. Данный дефект обычно образуется из-за неправильной формы детали или нарушения технологии сварки и может быть локальным или протяженным.

**Неправильный профиль сварного шва** (рис. 5.10) возникает, когда угол  $\theta$  между поверхностью основного металла и плоско-

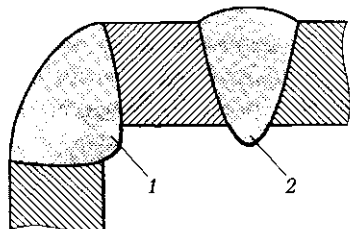


Рис. 5.9. Избыточные выпуклости корня шва углового 1 и стыкового 2 сварных соединений

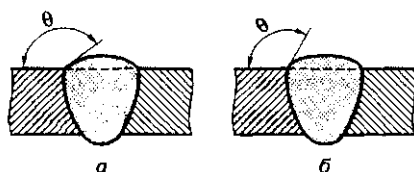


Рис. 5.10. Правильный (а) и неправильный (б) профили сварного шва:

$\theta$  — угол между поверхностью основного металла и плоскостью, касательной к поверхности сварного шва

стью, касательной к поверхности сварного шва, менее установленного значения. Такой дефект, проявляющийся как резкий переход от шва к основному металлу, образуется при нарушении режима сварки или небрежной работе сварщика.

**Наплыв** представляет собой дефект в виде натекания металла сварного шва на поверхность основного металла или ранее выполненного валика без сплавления с ним. Наплыв бывает местным, в виде отдельных застывших капель, но может иметь и значительную протяженность вдоль шва.

Причинами возникновения данного дефекта являются:

- 1) чрезмерно высокие значения силы сварочного тока и напряжения при длинной дуге;
- 2) большая скорость сварки;
- 3) неправильное положение электрода;
- 4) большой угол наклона свариваемых деталей при сварке на подъем и спуск.

В кольцевых швах наплывы образуются при недостаточном или излишнем отклонении электрода от зенита.

**Смещение кромок** — неправильное положение кромок относительно друг друга. Кромки смещаются в процессе сварки при отклонении технологического процесса (порядок сборки деталей при подготовке под сварку, способ их крепления и метод контроля сборки) от оптимального.

**Прожог сварного шва** — дефект в виде сквозного отверстия в шве, образовавшийся в результате вытекания части металла сварочной ванны. Причинами прожога могут быть недостаточное притупление кромок, чрезмерный зазор между ними и повышенные режимы сварки.

**Неполное заполнение разделки кромок** (рис. 5.11) представляет собой продольную непрерывную или прерывистую канавку на поверхности сварного шва, образовавшуюся из-за недостаточного количества присадочного металла при сварке.

**Чрезмерная асимметрия углового шва** обусловлена существенным различием его катетов.

**Неравномерная ширина шва** — отклонение ширины шва от установленного значения вдоль сварного соединения.

**Неровная поверхность шва** — дефект, связанный с чешуйчатостью — наличием на поверхности сварного шва выпуклостей и впадин. Появление дефекта может быть вызвано несколькими причинами:

- 1) повышенной силой сварочного тока;
- 2) неправильным манипулированием электродом;
- 3) чрезмерно высоким или низким напряжением дуги;
- 4) низким качеством используемых электродов;
- 5) неправильным выбором типа электродов;
- 6) выполнением сварки в пространственном положении, для которого не предназначен тип используемых электродов;
- 7) неправильной подготовкой деталей под сварку;
- 8) колебаниями напряжения питающей сети;
- 9) проскальзыванием сварочной проволоки в подающих роликах;
- 10) непостоянной скоростью сварки;
- 11) неправильным выбором угла наклона электрода.

**Вогнутость корня шва** — углубление на поверхности обратной стороны одностороннего сварного шва, образовавшееся вследствие его усадки. Такой дефект возникает при отклонении параметров сварочного процесса от номинальных значений.

**Прочие дефекты.** К прочим отнесены все дефекты, которые не могут быть включены в группы 1—5, приведенные в табл. 5.1.

**Случайная дуга** — дефект поверхности основного металла, образующийся вследствие возбуждения дуги при случайном контакте электрода с этой поверхностью и представляющий собой небольшие отбеленные точки, под поверхностью которых могут находиться трещины. Данный дефект подлежит исправлению.

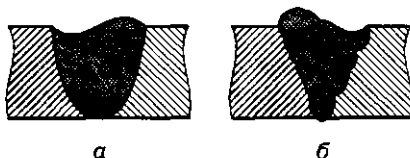


Рис. 5.11. Неполное заполнение разделки кромок однопроходного (а) и многопроходного (б) стыковых сварных швов

**Брызги металла** — дефект в виде затвердевших капель металла на поверхности сварного соединения.

**Вольфрамовые брызги** — частицы вольфрама, выброшенные из расплавленной зоны электрода на поверхность основного металла или затвердевшего металла сварного шва. Иногда частицы вольфрама остаются в металле шва. В этом случае дефект называется вольфрамовыми включениями.

## 5.2. НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ СВАРКЕ

При сборке заготовок под сварку необходимо учитывать, что при всех способах сварки происходит нагрев и расширение металла околошовной зоны с последующим охлаждением и усадкой. Кроме того, охлаждается и уменьшается в объеме металл сварного шва. Расширение и усадка могут привести к возникновению повышенных внутренних напряжений и деформированию сварной конструкции.

**Усадка**, возникающая при охлаждении сварного узла или конструкции, связана с действием усадочных напряжений. Деформация сварного шва, выполненного между двумя жесткозакрепленными деталями, будет небольшой при наличии значительных усадочных напряжений, и наоборот, не закрепленные жестко свариваемые детали будут существенно деформироваться при малых усадочных напряжениях. На рис. 5.12 показана деформация стыковых и тавровых сварных соединений, вызванная усадкой металла шва.

На усадку в направлении, перпендикулярном сварному шву, оказывают влияние:

- 1) площадь поперечного сечения шва при данной толщине свариваемых деталей (при увеличении площади усадка возрастает);
- 2) зазор между кромками деталей и в меньшей мере — угол разделки кромок;

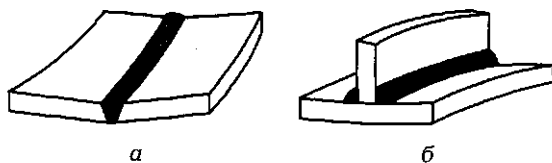


Рис. 5.12. Деформация стыкового (а) и таврового (б) соединений



3) количество вводимой тепловой энергии (при его увеличении усадка возрастает);

4) способ и техника выполнения швов (применение обратнo-ступенчатого способа для наложения длинных швов и манипулирование электродом во время сварки позволяют уменьшить деформации).

При выполнении торцевого сварного соединения стальных полос после остывания шва концы полос перемещаются вверх. Это вызвано усадкой металла шва. Швы малого размера либо швы, выполненные с глубоким проплавлением и имеющие малую выпуклость, не вызывают существенной деформации. После наплавки на обратную сторону одной из полос такого же шва она может принять первоначальную форму.

Две свариваемые друг с другом незакрепленные детали сходятся друг с другом кромками на стороне, противоположной началу сварки. Это явление известно как *поперечная усадка*, последствия которой необходимо предусмотреть. Если сварной шов достаточно короткий, то в области ожидаемого изгиба деталей выполняют прихватку. Если сварной шов длинный, то прихватки можно расположить в нескольких местах. Их число и размеры зависят от характера сварочных работ и регламентируются технологическими требованиями. Длина прихваток обычно равна удвоенной толщине свариваемых деталей, а расстояние между ними составляет 200...560 мм. Прихватки также предотвращают смещение свариваемых кромок.

При сборке длинных стыков применяют фиксирующие приспособления и клинья. Клин перемещается по всему стыку сварщиком, а фиксирующие приспособления обеспечивают нахождение поверхностей свариваемых деталей в одной плоскости.

Другим методом снижения влияния поперечной усадки при сварке является создание неравномерного зазора: в начале сварного шва он соответствует нормативному значению, а в конце шва превышает его. Выбор зазора зависит от длины шва, толщины свариваемых деталей, скорости сварки и других факторов.

При сварке стыкового соединения деталей большой толщины (превышающей 6 мм) со скошенными кромками наблюдается подъем незакрепленных боковых краев деталей и возникает **угловая деформация**. Это происходит вследствие того, что большое количество металла в широкой части разделки кромок вблизи лицевой поверхности деталей вызывает более значительную усадку соединения со стороны этой поверхности.

Угловые деформации обладают следующими особенностями:

1) при незакрепленных краях свариваемых деталей деформация сварных стыковых соединений с односторонним скосом двух кромок возрастает при увеличении числа проходов;

2) максимальная угловая деформация характерна для стыковых соединений с односторонним швом и прямолинейным скосом кромок. Она последовательно уменьшается при выполнении одностороннего шва с криволинейным скосом кромок и двустороннего шва с двумя симметричными прямолинейными скосами кромок. Меньше всех подвержены угловой деформации стыковые соединения с двусторонним сварным швом и двумя симметричными криволинейными скосами кромок;

3) деформация стыковых соединений с двумя симметричными, в том числе криволинейными, скосами кромок может быть значительно уменьшена при попеременном наложении слоев на каждой из сторон;

4) на величину деформации существенно влияют продолжительность сварки и диаметр электрода;

5) при прочих равных условиях увеличение скорости нагрева приводит к уменьшению деформаций.

Для **компенсации угловой деформации** при сварке стыкового соединения детали со скосом кромок располагают не в одной плоскости, а под углом друг к другу, соответствующим предполагаемой деформации. Однако подобные способы предотвращения угловых деформаций сварных соединений не всегда применимы. В таких случаях используют различные фиксирующие приспособления.

При сварке угловых и тавровых соединений часто происходит отклонение привариваемой детали в сторону, с которой производилась сварка, причем данный эффект, вызываемый усадкой металла сварного шва, тем значительнее, чем больше размеры сварного шва и число проходов при сварке соединения.

В общем случае **деформацию узлов**, не подлежащих термообработке, сводят к минимуму с помощью следующих технических и технологических приемов:

1) сборку свариваемых деталей осуществляют без зазора в корне шва;

2) выполняют минимальное число проходов;

3) уменьшают размеры сварных швов (при выполнении требований конструкторско-технологической документации);

4) совершают колебания электродом и применяют обратноступенчатый способ наложения швов;

5) осуществляют предварительный изгиб участка свариваемой детали в направлении, противоположном деформации;

6) применяют временные усилители жесткости деталей (для повышения устойчивости сварного узла к деформации), удаляемые по завершении сварки и охлаждения узла, а также сварочные кондукторы — при сварке узлов или конструкций небольшого размера (кондукторы также способствуют ускорению процессов сборки и сварки);

7) одновременно сваривают все стыки.

### **5.3. ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ СВАРКИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ**

При контроле качества сварных соединений и оценке годности их к эксплуатации необходимо знать степень влияния наружных и внутренних дефектов на прочностные характеристики конструкции. Изучение этого вопроса связано с серьезными трудностями как с практической, так и с теоретической точки зрения. В большинстве случаев степень влияния того или иного вида дефекта на работоспособность конструкций устанавливают экспериментально — путем испытаний образцов с дефектами и без них.

*При сдаче конструкции в эксплуатацию* прежде всего оценивают допустимость наружных дефектов, влияющих на ее работоспособность. Виды наружных дефектов и их допустимые размеры, как правило, указываемые в технических условиях на изготовление конструкции, зависят от условий ее эксплуатации.

Установлено, что чрезмерная выпуклость шва не снижает статической прочности сварного узла или конструкции, однако значительно уменьшает вибрационную прочность. Этот дефект шва и уменьшенный угол между поверхностью основного металла и плоскостью, касательной к поверхности сварного шва, существенно снижают предел выносливости сварного соединения. Таким образом, избыточная выпуклость шва может привести к потере всех достоинств, обусловленных оптимизацией технологического процесса в целях повышения качества металла шва в сварных соединениях, работающих при вибрационных, динамических и повторно-статических нагрузках.

Опасными наружными дефектами являются подрезы. Их наличие не допускается в конструкциях, работающих при циклических нагрузках, но подрезы небольшой глубины, не превышающей 5 % толщины основного металла, считаются приемлемыми в конструкциях, эксплуатирующихся в условиях статического нагружения.

Напльвы, резко изменяя очертания швов, образуют концентраторы напряжений и тем самым снижают предел выносливости конструкций. Напльвы, имеющие большую протяженность, считаются недопустимыми дефектами, так как они не только вызывают концентрацию напряжений, но и нередко сопровождаются непроварами. Небольшие местные напльвы, обусловленные случайными отклонениями сварочных режимов от заданных, можно считать допустимыми дефектами.

Кратеры, как и прожоги, во всех случаях являются недопустимыми дефектами и подлежат исправлению.

При статической нагрузке для пластичных материалов (например, алюминиевых сплавов) снижение прочности прямо пропорционально глубине непровара. Для малопластичных и высокопрочных материалов, а также при динамической или вибрационной нагрузке указанная зависимость нарушается.

Поры и шлаковые включения, суммарная площадь сечений которых составляет 5...10 % площади сечения шва, мало влияют на статическую прочность сварного соединения; для швов, имеющих значительную выпуклость, данный показатель составляет 10...15 %, а для ряда конструкций (закладные детали, стыки арматуры) в зависимости от местоположения этих дефектов — 10...25 %.

Такие дефекты, как трещины, оксидные пленки и несплавления, являются недопустимыми.

Для окончательной оценки качества сварного соединения необходимо знать допустимые параметры внутренних дефектов, устанавливаемые на основе испытаний.

## **5.4. УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ДУГОВОЙ СВАРКИ**

Все недопустимые дефекты сварного шва подлежат обязательному устранению, а если это невозможно, сварное изделие бракуется.

В конструкциях из стали допускается устранение дефектов плазменно-дуговой или воздушно-дуговой строжкой с последующей обработкой поверхности абразивами. Можно устранять наружные дефекты шлифовкой. Если производится заварка выборок в швах, подлежащих обязательной термической обработке (из легированных и хромистых сталей), то приступать к исправлению дефектов следует только после отпуска сварного соединения (при температуре 450...650°C).

При обнаружении недопустимых наружных или внутренних дефектов их обязательно исправляют. Наружные дефекты следует вышлифовывать с обеспечением плавных переходов на участке выборки. Ее можно не заваривать только в том случае, если сохранилась минимально допустимая толщина детали в зоне максимальной глубины выборки.

Удаление дефектов с обратной стороны шва производят по всей его длине заподлицо с основным металлом.

Если в процессе механической обработки (вышлифовывания) не удалось полностью исправить наружные дефекты, то их необходимо полностью устранить как недопустимые внутренние дефекты.

Подповерхностные и внутренние дефекты (дефектные участки) в соединениях из алюминия, титана и их сплавов следует исправлять только механическим способом — вышлифовыванием абразивным инструментом или обработкой резанием, а также вырубкой с последующим зашлифовыванием. В ряде случаев в конструкциях из стали допускается удаление дефектных участков воздушно- или плазменно-дуговой строжкой с последующей обработкой поверхности выборки абразивными инструментами. При этом детали из углеродистых и кремнемарганцовистых сталей должны быть зашлифованы до полного удаления следов предыдущей обработки.

При удалении дефектных мест целесообразно соблюдать определенные условия:

- длина удаляемого участка должна быть равна длине дефектного места плюс 10... 20 мм с каждой стороны, а ширина разделки выборки должна быть такой, чтобы ширина шва после заварки не превышала его двойной ширины до заварки;
- форма и размеры подготовленных под заварку выборок должны обеспечивать возможность надежного провара в любом месте;
- поверхность каждой выборки должна иметь плавные очертания без резких выступов, острых углублений и заусенцев;
- при заварке дефектного участка должно быть обеспечено перекрытие прилегающих участков основного металла.

Исправлять дефекты подваркой в зоне выборки (рис. 5.13) в сварных соединениях, подлежащих обязательной термической обработке и выполненных из легированных и хромистых сталей, следует после высокого (при температуре 450...650 °С) отпуска сварного соединения (промежуточного или окончательного), за исключением отдельных случаев, оговоренных в технологической документации.

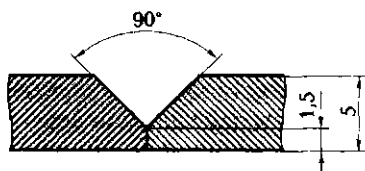


Рис. 5.13. Форма разделки шва при выборке внутреннего дефекта

После заварки участок необходимо зачистить до полного удаления раковин и рыхлости в кратере, выполнить на нем плавные переходы к основному металлу.

Удаление заглубленных наружных и внутренних дефектов (дефектных участков) в соединениях из алюминия, титана и их сплавов следует производить только механическим способом — шлифовкой абразивным или выборкой режущим инструментом, а также вырубкой с последующей зашлифовкой.

Подрезы принято устранять наплавкой ниточного шва по всей длине дефекта, однако это ведет к повышению расхода сварочных материалов. В таких случаях целесообразно применять оплавление подреза аргонодуговыми горелками, что позволяет «сгладить» дефекты без дополнительной наплавки. Следует помнить, что производить сварочные работы аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом по швам, выполненным другими способами сварки, не рекомендуется из-за возможности нахождения в шве пор, шлака и др.

Напльвы и неравномерности формы шва исправляют механической обработкой дефекта по всей длине.

Кратеры швов заваривают. Прожоги в швах наблюдаются редко, их зачищают и заваривают.

В сварных швах со сквозными трещинами перед подваркой требуется зачистить поверхности шва вдоль трещины и просверлить отверстия на расстоянии 10 мм от начала и окончания трещины, чтобы предотвратить ее распространение. Затем производят разделку трещины, после чего дефектный участок проваривают на полную глубину.

Подварку дефектного участка осуществляют одним из способов сварки плавлением (ручная дуговая, дуговая в защитном газе и т.д.).

Исправленные швы сварных соединений должны быть повторно проконтролированы в соответствии с требованиями, предъявляемыми к качеству конструкции. Если при этом вновь будут обнаружены дефекты, то их повторно исправляют с соблюдением определенных требований: число исправлений одного и того же

дефектного участка зависит от категории ответственности конструкции и, как правило, не превышает трех.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

---

1. Перечислите распространенные виды наружных и внутренних дефектов сварных соединений.
2. Каковы причины возникновения напряжений и деформаций при сварке?
3. Назовите известные вам способы уменьшения сварочных деформаций.
4. Каковы основные причины образования наружных и внутренних дефектов сварных соединений?
5. Как влияют дефекты на работоспособность сварных конструкций?

## Приложение

### ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ И СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Таблица П.1. Размеры и масса мотков проволоки

Диаметр проволоки, мм	Внутренний диаметр витков мотка проволоки, мм	Масса мотка проволоки, кг, не менее		
		низкоуглеродистой	легированной	высоколегированной
0,3 и 0,5	150...300	2	2	1,5
0,8	200...350	5	5	3,0
1,0 и 1,2	200...400	20	15	10,0
1,4 и 1,5	300...600	25	15	10,0
1,6 и 2,0	300...600	30	20	15,0
2,5 и 3,0	400...600	40	30	20,0
4,0...10,0	500...750			
12,0	600...800			

Таблица П.2. Стальная проволока для сварки в защитных газах и без дополнительной защиты

Марка проволоки по ГОСТ 2246—70	Свойства металла шва				Назначение
	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\delta$ , %	КСУ, кДж/см <sup>2</sup> , при температуре		
			20 °С	-20 °С	
Св-08ГС	540	24	100	60	Сварка в защитных газах углеродистых и низколегированных конструкционных сталей
Св-08Г2С	510	22	120	50	
Св-08ГСМТ	690	23	86	45	
Св-18ХГС	510	25	120	80	Сварка в защитных газах низколегированных сталей марок 10ХСНД, 15ХСНД
Св-08ХГ2С	630	23	100	60	



Марка проволоки по ГОСТ 2246—70	Свойства металла шва				Назначение
	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\delta$ , %	КСУ, кДж/см <sup>2</sup> , при температуре		
			20 °С	-20 °С	
Св-08ХГСМА Св-08ХГ2СМА	680 670	22 21	100 80	— —	Сварка в защитных газах низколегированных теплоустойчивых сталей марок 30ХГСА, 15ХМА, 20ХМА
Св-08ХГСМФА Св-08ХЗГ2СМ	670 1 140	21 12	70 48	— —	Сварка в защитных газах низколегированных теплоустойчивых сталей марок 20ХМФА, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф
Св-15ГСТЮЦА Св-20ГСТЮА	500 550	18 16	75 55	— —	Сварка без дополнительной защиты низкоуглеродистых, среднеуглеродистых и низколегированных сталей

Таблица П.3. Порошковые проволоки для дуговой сварки сталей

Марка проволоки	Диаметр, мм	Свойства металла шва				Свариваемые стали	
		$\sigma_w$ , МПа, не менее	$\delta$ , %, не менее	КСУ, кДж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С, не менее			
				20	-20		-40
<b>Самозащитные проволоки общего назначения</b>							
ПП-АН1	2,8	490	20	800	600	500	ВСт3, ВСт4, 10, 15, 20, 09Г2
ПП-1ДСК	2,4	450	22	800	500	400	ВСт3, ВСт4, 09Г2
ПП-АН3	2,8; 3,0	500	27	1 600	1 200	1 000	ВСт3, ВСт3Пс, 18Гпс, 09Г2, 10ХСНД, 15ХСНД, 10Г2С1, 14Г2, 17ГС
ПП-АН7	2,0; 2,3	510	25	1 700	1 300	1 000	ВСт3, ВСт3Пс, 18Гпс, 09Г2, 10ХСНД, 15ХСНД, 10Г2С1, 14Г2, 17ГС
ПП-АН11	2,0; 2,4	520	24	1 800	1 400	1 100	ВСт3, ВСт3Пс, 18Гпс, 09Г2, 10ХСНД, 15ХСНД, 10Г2С1, 14Г2, 17ГС
ПП-АН2М	1,6; 1,8	490	21	1 500	1 200	1 000	ВСт3, ВСт5, 09Г2, 09Г2С, 14Г2, 19Г
ПП-АН23	3,0	530	25	1 400	1 000	600	ВСт3, 09Г2, 09Г2С, 14Г2, 25ГС
ПП-2ДСК	2,4	500	22	1 400	1 200	1 000	ВСт3, ВСт3Пс, 18Гпс, 09Г2, 09Г2С, 10Г2С1

СП-2	2,4; 2,6	540	24	1 700	1 300	1 000	ВСт3, ВСт3Плс, 18Плс, 09Г2, 09Г2С, 10Г2С1
СП-1	1,4; 1,6	500	28	1 800	1 600	1 300	ВСт3, ВСт3Плс, 18Плс, 09Г2, 09Г2С, 10Г2С1
ППВ-4	2,4	520	22	1 300	—	800	ВСт3, ВСт3Плс, 18Плс, 09Г2
ППВ-5	2,4	550	21	1 300	—	400	ВСт3, ВСт3Плс, 18Плс, 09Г2С, 14Г2
<b>Проволока общего назначения для сварки в углекислом газе</b>							
ПП-АН8	2,2; 2,5; 3,0	530	27	1 300	1 100	800	ВСт3, ВСт3Плс, 18Плс, 09Г2, 10Г2С1, 10ХСНА
ПП-АН10	2,2	550	28	1 500	1 200	1 000	ВСт3, ВСт3Плс, 18Плс, 09Г2, 10Г2С1, 10ХСНА
ПП-АН21	1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2	550	28	1 600	1 300	1 100	ВСт3, ВСт3Плс, 18Плс, 09Г2, 10Г2С1, 10ХСНА
ПП-АН13	2,2; 2,5	520	30	1 700	1 500	1 000	ВСт3, ВСт3Плс, 18Плс, 09Г2, 10Г2С1,
ПП-АН4	2,0; 2,2; 2,5	510	28	1 800	1 600	1 400	ВСт3, ВСт3Плс, 18Плс, 09Г2С, 10ХСНА, 15ХСНА, 10Г2С1, 14Г2

Продолжение табл. П.3

Марка проволоки	Диаметр, мм	Свойства металла шва				Свариваемые стали	
		$\sigma_b$ , МПа, не менее	$\delta$ , %, не менее	КСУ, кДж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С, не менее			
				20	-20		-40
ПП-АН9	2,2;	520	28	1 700	1 500	1 300	ВСт3, ВСт3Пс, 18Гпс, 09Г2С, 10ХСНД, 15ХСНД, 10Г2С1, 14Г2, 10, 20, 20Г, 10Г2, 16Г2, 12ГС, 16ГС, 17ГС, 17ГС1, 15Г2АФДпс
	2,5						
ПП-АН18	2,2;	550	24	1 500	1 100	900	
	2,5						
ПП-АН22	1,8;	520	27	1 800	1 400	1 200	
	2,2;						
	2,5						
ПП-АН20	2,2;	600	20	1 800	1 500	800	
	2,4;						
	2,5						
ПП-АН54	2,2;	740	16	1 400	1 100	1 100	16Г2АФ, 18Г2АФ, 10ХСНД, 15ХСНД, 14Х2ГМР, 14Х2ГНМ, 12ГН2МФАЮ, 14ХГНМ
	2,5;						
	3,0						

<b>Самозащитные проволоки для сварки с принудительным формированием шва</b>										
ПП-АН15	3,0	580	24	1 000	700	600	ВСт3Пс, 09Г2, 10ХСНА			
ПП-АН19	2,3;	570	23	1 600	1 400	1 000	09Г2, 09Г2С, 10Г2С1, 10ХСНА, 15ХСНА, 17ГС, 10ХН1М, 15ГСТЮ, 17Г1СФ			
	3,0; 3,5									
ПП-АН19Н	3,0	540	25	1 700	1 000	900	ВСт3Пс, 09Г2, 10ХСНА			
ПП-АН19С	3,0	600	23	1 300	700	500	09Г2, 09Г2С, 10ХСНА, 15ХСНА, 16Г2АФ, 17ГС, 10ХН1М			
ПП-2ВАСК	2,4	520	20	1 200	800	600	ВСт3, ВСт3Пс, 18Пс, 09Г2, 10Г2С1, 09Г2С, 10ХСНА			
ПП-АН24	2,3	580	24	1 500	1 200	1 200	17Г1СФ, 17ГС, 17ГС1			
<b>Проволоки для дуговой сварки в углекислом газе с принудительным формированием шва</b>										
ПП-АН5	3,0	520	26	1 400	1 000	800	ВСт3, 09Г2, 09Г2С			
ПП-АН3С	3,2;	580	23	1 500	1 200	900				
	3,5									
<b>Проволоки специального назначения</b>										
ППС-АН1 (для подводной сварки)	1,6	440	18	800	—	400	ВСт3, 09Г2, 10ХГС, 14ХГС			
ПП-АН6 (для сварки труб теплообменников)	2,5; 2,8	510	20	1 000	300	—	10, 15, 20, 09Г2			

Марка проволоки	Диаметр, мм	Свойства металла шва				Свариваемые стали	
		$\sigma_b$ , МПа, не менее	$\delta$ , %, не менее	КСУ, кДж/см <sup>2</sup> , при температуре, °С, не менее			
				20	-20 -40		
<b>Проволоки для сварки легированных сталей</b>							
ПП-АНВ1	2,6;	620	41	900	800	700	04X18H10, 08X18H10, 12X18H9, 08X18H10T, 12X18H10T
	3,0						
ПП-АНВ2	2,6;	510	18	1 800	—	—	110Г13Л+30Г, 45Г17Ю3+ +45Г17Ю3, 45Г17Ю3+ + ВСт3сп, 45Г17Ю3+ + 12X18H10T, 12x18H10T+ + ВСт3сп
	3,0						
ПП-АНВ3	2,6;	560	43	1 400	—	—	06ХН28МДТ + + низкоуглеродистые стали
	3,0						
ПП-АН-А1	2,5	600	48	1 700	1 400	1 200	Высокопрочные аустенитные стали
Примечание. Проволока ПП-АН-А1 — для сварки в углекислом газе; остальные — самозащитные.							

Таблица П.4. Порошковые и сплошные проволоки для сварки чугуна

Марка	Диаметр, мм	Твердость наплавленного металла НВ	Назначение
ПП-АНЧ2	3	—	Горячая дуговая заварка крупных дефектов на обрабатываемых поверхностях, не подвергающихся поверхностной закалке
ППЧ-3	3	—	То же
ППЧ-3М	3,5	—	Горячая дуговая заварка крупных дефектов на обрабатываемых поверхностях, не подвергающихся поверхностной закалке, а также поверхности, подвергающиеся поверхностной закалке
ППЧ-6	3	—	То же
ППЧВ-1	3,5	—	Горячая заварка дефектов жидкой, полужидкой ванной или валиками
ППАНЧ-5	3	—	Горячая заварка дефектов валиками или полужидкой ванной
ППЧН-7	5	160... 180	Холодная заварка сквозных и несквозных дефектов на обрабатываемых поверхностях
ППЧМН-8	5	140... 160	Холодная заварка несквозных дефектов на обрабатываемых поверхностях
ПАНЧ-11	1; 1,2	170... 180	Холодная сварка и заварка дефектов тонкостенных деталей из серого, ковкого и высокопрочного чугунов

**Таблица П.5. Проволока для сварки алюминиевых сплавов**

Свариваемый металл	Проволока (ГОСТ 7871—75)
АД00, АД0, АД1	Св85Т, СвА97
АМц	СвАМц
АМг2, АМг3	СвАМг3, СвАМг6
АМг4, АМг5	СвАМг5, СвАМг6, Св1557
АМг6	СвАМг61, Св1557
АД31, АД33, АВ	СвАК5, Св1557
1915	СвАМг5, Св1557
АМг61	СвАМг61
АЛ2, АЛ4, АЛ6	СвАК5
В92	СвАК5

**Таблица П.6. Выбор марки присадочного металла для сварки магниевых сплавов**

Марка свариваемого сплава	Присадочный материал
МА1	МА1
МА2, МА2-1, МА8, МА9	МА2-1
МА13	МА13
МА11	4 % Nd; 0,5...1,0 % La; 0,4...0,6 % Zr; 0,4 % Ag
МА14	4...5 % Zn; 0,6...1,1 % Zr; 0,6...1,6 % РЗМ

**Таблица П.7. Проволока для сварки титана и его сплавов**

Свариваемый металл	Присадочный металл
<b>Сплошная проволока</b>	
Технический титан	ВТ1-00
Низколегированные сплавы	ВТ1-00, ВТ2св, ВТ20-1св
Высокопрочные сплавы	ВТ6св, СТП-2
<b>Порошковая проволока</b>	
Низколегированные сплавы	ППТ-1; ППТ-2
Высокопрочные сплавы	ППТ-3



**Таблица П.8. Обозначение видов электродов в зависимости от рода и полярности сварочного тока**

Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В		Обозначение электрода	Рекомендуемая полярность постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В		Обозначение электрода
	номинальное	пределы отклонений			номинальное	пределы отклонений	
Обратная	50	±5	0	Любая	70	±10	4
				Прямая			5
				Обратная			6
Любая	50	±5	1	Любая	90	±5	7
Прямая			2	Прямая			8
Обратная			3	Обратная			9

**Таблица П.9. Электроды для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей**

Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим прокали	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
СМ-11	3	100...140	10	320 °С, 1 ч	1,7
	4	160...220			
	5	180...280			
УОНИ-13/45	2	30...50	8,5	250 °С, 1 ч	1,5
	2,5	60...80			
	3	80...100			
	4	100...160			
	5	140...200			
АНО-5	4	160...230	11	180 °С, 1 ч	1,6
	5	190...300			

Продолжение табл. П.9

Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим прокали	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
АНО-6	4	180...200	10	180 °С, 1 ч	1,7
	5	180...270			
ОЗС-23	2	40...60	8,5	140 °С, 0,7 ч	1,6
	3	90...120			
ВЦС-4	3	90...100	9,5	100 °С, 1 ч	1,5
	4	120...160			
ОМА-2	2	40...60	8	120 °С, 1 ч	1,7
	2,5	60...80			
	3	80...100			
АНО-4	3	100...140	8,5	180 °С, 1 ч	1,6
	4	170...200			
	5	190...270			
АНО-14	3	90...140	8,5	200 °С, 1 ч	1,6
	4	150...200			
	5	180...270			
АНО-18	4	140...230	10,5	180 °С, 1 ч	1,7
	5	150...300			
ОЗС-4	3	90...100	9	140 °С, 0,7 ч	1,6
	4	160...180			
	5	200...250			
ОЗС-6	3	90...150	10	160 °С, 1 ч	1,5
	4	150...210			
	5	210...300			
	6	300...400			
ОЗС-12	2	50...60	8,5	180 °С, 0,5 ч	1,7

Продолжение табл. П.9

Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим прокали	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
ОЗС-12	2,5	70...80	8,5	180 °С, 0,5 ч	1,7
	3	90...110			
	4	130...160			
	5	160...200			
МР-3	3	90...120	7,5	180 °С, 1 ч	1,7
	4	160...180			
	5	170...230			
	6	280...320			
ОЗС-21	3	90...120	8,5	140 °С, 0,7 ч	1,7
	4	160...200			
	5	200...250			
ВН-48	2,5	70...90	11	260 °С, 1 ч	1,6
	3	100...130			
	4	140...180			
	5	190...240			
	6	250...280			
УОНИ-13/55К	3	80...100	9,5	260 °С, 1 ч	1,6
	4	120...160			
	5	170...210			
ОЗС-22Р	3	120...140	10	220 °С, 1,5 ч	1,6
	4	180...200			
	5	240...260			
	6	260...300			
ОЗС-17Н	4	150...160	9,5	160 °С, 0,7 ч	1,5
	5	200...230			
	6	260...290			

Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А · ч)	Режим прокалки	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
ОЗС-22Н	5	190...200	9,5	220 °С, 1,5 ч	1,6
	6	240...260			
УОНИ-13/55	2	40...70	9	350 °С, 1 ч	1,5
	2,5	50...80			
	3	60...100			
	4	110...160			
	5	140...200			
АНО-11	3	90...140	9,5	300 °С, 1 ч	1,5
	4	130...200			
	5	160...270			
ТМУ-21У	3	80...110	9,5	400 °С, 1,5 ч	1,5
	4	130...170			
	5	170...200			
ЦУ-5	2,5	75...90	9,5	400 °С, 1 ч	1,6
ДСК-50	4	160...220	10	360 °С, 1 ч	1,6
	5	180...280			
ОЗС-25	2,5	50...75	9,5	260 °С, 1 ч	1,6
	3	80...100			
	4	130...160			
	5	180...210			
ОЗС-18	3	90...110	9,5	260 °С, 1 ч	1,5
	4	150...170			
	5	170...190			
СК2-50	3	120...140	9,5	400 °С, 1 ч	1,6
	4	160...220			
	5	180...280			

Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А · ч)	Режим проковки	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
ВСЦ-4А	3	90...110	9,5	100 °С, 1 ч	1,4
	4	120...170			
УОНИ-13/55У	4	150...200	10	260 °С, 1 ч	1,6
	5	250...330			
	6	300...450			
УОНИ-13/65	2	40...60	9,5	260 °С, 1 ч	1,6
	2,5	60...100			
	3	80...110			
	4	130...160			
	5	160...210			
ОЗС-24	3	90...110	9,5	390 °С, 1 ч	1,7
	4	140...150			
ВФС-65У	3	100...120	9,5	390 °С, 1 ч	1,4
	4	150...180			
ВСЦ-60	5	180...200	10	100 °С, 1 ч	1,5
	6	240...260			
ВФС-75У	4	150...190	9	350 °С, 1 ч	1,4
ВФС-85	3	90...130	9,5	400 °С, 1 ч	1,4
	4	160...200			
УОНИ-13/85	2	50...80	10	270 °С, 1 ч	1,6
	2,5	70...100			
	3	90...120			
	4	140...170			
	5	180...220			
НИАТ-3М	2	50...80	9,5	270 °С, 1 ч	1,6

Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим про-калки	Расход на 1 кг на-плавленного металла, кг
НИАТ-3М	2,5	60 ... 100	9,5	270 °С, 1 ч	1,6
	3	90 ... 130			
	4	150 ... 180			
	5	200 ... 250			
ОЗШ-1	2	50 ... 60	8,5	350 °С, 1 ч	1,4
	2,5	60 ... 70			
	3	80 ... 100			
	4	110 ... 140			
	5	150 ... 200			

Таблица П.10. Electroды для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим про-калки	Расход на 1 кг на-плавленного металла, кг
ТМА-4В	3	80 ... 100	9,5	400 °С, 1,5 ч	1,6
	4	130 ... 170			
	5	170 ... 200			
ТМА-1У	3	80 ... 100	9	370 °С, 1,5 ч	1,5
	4	130 ... 170			
	5	170 ... 200			
ЦЛ-39	2,5	70 ... 90	9,5	400 °С, 1 ч	1,6
ТМА-3У	3	80 ... 100	9,5	400 °С, 1,5 ч	1,5
	4	130 ... 170			
	5	170 ... 200			
ОЗС-11	3	90 ... 110	8,5	180 °С, 0,5 ч	1,8
	4	130 ... 150			
	5	160 ... 210			

Таблица П.11. Электроды для сварки коррозионно-стойких сталей и сплавов

Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим прокали	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
УОНИ-13/НЖ	2	40...60	11	200 °С, 1 ч	1,7
	2,5	60...80			
	3	80...100			
	4	110...140			
	5	140...170			
ОЗЛ-22	3	65...85	13	200 °С, 1 ч	1,8
	4	110...130			
ОЗЛ-36	3	80...90	13,5	200 °С, 1,5 ч	1,5
	4	140...160			
	5	170...180			
ОЗЛ-14А	3	50...70	11	320 °С, 1 ч	1,6
ОЗЛ-8	2	30...50	13	200 °С, 1 ч	1,6
	2,5	40...60			
	3	50...70			
	4	110...130			
	5	150...170			
ОЗЛ-7	2	30...50	12	200 °С, 1 ч	1,6
	2,5	40...50			
	3	60...70			
	4	110...130			
	5	140...160			
ЦЛ-11	2	40...55	11	200 °С, 1 ч	1,7
	2,5	55...65			
	3	70...90			
	4	130...150			
	5	150...180			

Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим про-калки	Расход на 1 кг на-плавленного металла, кг
ЦТ-15	2	50...70	10,5	200 °С, 1 ч	1,7
	2,5	70...90			
	3	80...100			
	4	110...140			
	5	150...180			
АНВ-20	3	80...110	11	200 °С, 1 ч	1,5
	4	110...140			
ЦЛ-9	3	80...100	11	200 °С, 1 ч	1,7
	4	130...150			
	5	150...170			
ОЗЛ-20	3	65...85	13,5	200 °С, 1 ч	1,8
	4	110...130			
НИАТ-1	2	30...50	10,5	200 °С, 1 ч	1,6
	2,5	40...70			
	3	50...80			
	4	100...140			
	5	130...170			
НЖ-13	3	70...90	13	150 °С, 2 ч	1,8
	4	120...140			
	5	160...180			
	6	180...200			
ОЗЛ-3	3	60...80	12	200 °С, 1 ч	1,6
	4	110...130			
	5	140...170			
ОЗЛ-17У	3	110...130	14	200 °С, 1 ч	1,7
	4	130...160			



Марка электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А	Производительность, г/(А·ч)	Режим прокалки	Расход на 1 кг наплавленного металла, кг
ОЗЛ-37-1	3	110...130	13,5	310 °С, 0,75 ч	1,7
	4	130...160			
ОЗЛ-21	3	80...100	16	200 °С, 1 ч	1,6
ОЗЛ-23	3	80...100	17	200 °С, 1 ч	1,6
ОЗЛ-25Б	3	60...80	14	200 °С, 1 ч	1,4

Таблица П.12. Сварочные флюсы для сварки титана и его сплавов

Марка флюса	Толщина свариваемого металла, мм	Назначение
АНТ-1	3...7	Для сварки плавящимся электродом под флюсом
АНТ-3	6...12	
АНТ-7	8...20	
АНТ-23А	0,8...3	Для сварки неплавящимся электродом низколегированных сплавов $\alpha$ и $(\alpha+\beta)$
ФАН-1	3...6	Для сварки неплавящимся электродом средне- и высоколегированных сплавов $(\alpha+\beta)$ и $\beta$
АНТ-2	Более 40	Для ЭШС титана и низколегированных титановых сплавов
АНТ-4	Более 40	Для ЭШС высокопрочных титановых сплавов
АНТ-6	Более 40	

Таблица П.13. Марки и номинальные размеры вольфрамовых электродов (ГОСТ 23949-80)

Марка	Присадки в вольфрам, %	Диаметр, мм	Длина, мм
ЭВЧ	Без присадок	0,5	3 000, в мотках 75; 150
		1; 1,6; 2; 2,5 3; 4; 5; 6; 8; 10	

Марка	Присадки в вольфрам, %	Диаметр, мм	Длина, мм
ЭВА	1,1 ... 1,4 оксида лантана	1; 1,6; 2; 2,5 3; 4; 5; 6; 8; 10	75; 150 200; 300
ЭВИ-1	1,5 ... 2,3 оксида иттрия	2; 3; 4; 5; 6; 8 10	75; 150 200; 300
ЭВИ-2	2,5 ... 3,5 оксида иттрия; 0,01 тантала	2; 3; 4; 5; 6; 8 10	75; 150 200; 300
ЭВИ-3	2 ... 3 оксида иттрия; 0,01 тантала	2; 3; 4; 5; 6; 8 10	75; 150 200; 300
ЭВТ-15	1,5 ... 2 оксида тория	2; 3; 4; 5; 6; 8 10	75; 150 200; 300

Таблица П.14. Рекомендуемые пределы силы сварочного тока при сварке вольфрамовыми электродами в инертных газах

Род тока	Защитный газ	Сварочный ток, А, при различных диаметрах электрода, мм				
		1...2	3	4	5	6
Переменный	Ar	20 ... 100	100 ... 160	140 ... 220	200 ... 280	250 ... 300
	He	10 ... 60	60 ... 100	100 ... 160	160 ... 200	200 ... 250
Постоянный прямой полярности	Ar	65 ... 150	140 ... 180	250 ... 340	300 ... 400	350 ... 450
	He	50 ... 110	100 ... 200	200 ... 300	250 ... 350	300 ... 400
Постоянный обратной полярности	Ar	10 ... 30	20 ... 40	30 ... 50	40 ... 80	60 ... 100
	He	10 ... 20	15 ... 30	30 ... 40	30 ... 70	40 ... 80

Таблица П.15. Ориентировочные нормы расхода вольфрама при сварке

Свариваемые материалы	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, мм	Расход вольфрама на 100 м шва, г	
			Ручная сварка	Механизованная сварка
Алюминиевые и магниевые сплавы	1,0	1,5	8,3	3,9
	2,0	2,0	23,0	11,0

Свариваемые материалы	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, мм	Расход вольфрама на 100 м шва, г	
			Ручная сварка	Механизированная сварка
	4,0	3,6	88,0	39,0
	6,0	4,0	132,0	125,0
Конструкционные, нержавеющие и жаропрочные стали	0,5	1,0	6,0	2,8
	1,0	1,5	8,0	3,9
	2,0	2,0	23,0	11,0
	4,0	4,0	132,0	125,0

Таблица П.16. Физические свойства газов

Газ	Относительная атомная масса	Относительная молекулярная масса	Плотность при 0 °С и 1 033 Па, г/м <sup>3</sup>	Температура кипения, °С	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Удельная теплота плавления 1г при 20 °С, Дж/(кг·°С)
Аргон	39,944	—	1,7833	-185,5	187	0,542
Гелий	4,003	—	0,17847	-268,9	1 558	5,213
Азот	14,008	28,016	1,251	-196	251	—
Кислород	16	32	1,429	-183	262	0,9149
Водород	1,008	2,016	0,08988	-259	1 754	—
Воздух	—	29	1,293	-190	280	1,006

Таблица П.17. Массовая доля компонентов газообразного аргона, % (ГОСТ 10157-79)

Марка	Ar, не менее	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Влага
		не более		
А	99,99	0,003	0,01	0,03
Б	99,96	0,005	0,04	
В	99,90	0,005	0,10	

Таблица П.18. Массовые доли компонентов гелия, %

Сорт	He, не менее	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Углеродо-роды	Ne <sub>2</sub>
Высокой чистоты	99,985	0,0025	0,005	0,002	0,003	0,002
А	99,950	0,008	0,02	0,005	0,007	—

Таблица П.19. Объемные доли компонентов азота, % (ГОСТ 9293—74)

Состояние	N <sub>2</sub> , не менее	O <sub>2</sub> , не более
Газообразный: электровакуумный		
1-го сорта	99,9	0,1
2-го сорта	99,5	0,5
	99,0	1,0
Жидкий	96,0	4,0

Таблица П.20. Выбор состава защитных газов для сварки различных металлов и сплавов

Свариваемый металл	Толщина, мм	Защитный газ при сварке	
		вольфрамовым электродом	плавящимся электродом
Низкоуглеродистая сталь	≤2,0	Комбинированная защита (Ar, CO <sub>2</sub> )	Ar + 10 % CO <sub>2</sub>
Низко- и средне-легированные стали	≤3,0	Комбинированная защита (Ar, CO <sub>2</sub> ); Ar (сорт В)	Ar + 10 % CO <sub>2</sub> Ar (сорт Г)
	≥3,0	—	Ar (сорт Г)
Коррозионно-стойкие хромоникелевые высоколегированные стали	≤3,0	Ar (сорт В); He Комбинированная защита (Ar, CO <sub>2</sub> )	Ar (сорт В и Г) He Ar + 10 % CO <sub>2</sub>
	≥3,0	—	Ar (сорт В и Г) He
Жаропрочные хромоникелевые сплавы	Любая	Ar (сорт В) He	Ar (сорт В) He

Свариваемый металл	Толщина, мм	Защитный газ при сварке	
		вольфрамовым электродом	плавящимся электродом
Алюминий и алюминиевые сплавы	≤10,0	Ar (сорт Б)	Ar (сорт А и Б)
	≥10,0	Ar (сорт Б)	Ar (сорт Б) Ar + 60 % He
Магниевые сплавы	Любая	Ar (сорт Б) He	Ar (сорт А и Б)
Титан и его сплавы		Ar (сорт А)	Ar (сорт А)
Цирконий, молибден, ниобий и другие химически активные металлы		Ar (сорт А)	Ar (сорт А)
Медь и сплавы на ее основе		Ar (сорт В); He Комбинированная защита (Ar, N <sub>2</sub> )	Ar (сорт В); He N <sub>2</sub> Ar + (20...30)% N <sub>2</sub>

Таблица П.21. Объемная доля диоксида углерода, %

Наименование, ГОСТ	Марка и сорт	Объемная доля основного вещества, %, не менее
Диоксид углерода газообразный и жидкий, ГОСТ 8050—85	Сварочная	99,5
	Сварочная повышенного качества	99,8
	Техническая	98,5

Таблица П.22. Защитные щитки и шлемы электросварщика

Модификация	Наименование	Модель	Размеры светофильтра, мм
1	Наголовный щиток с непрозрачным корпусом	НН-Э-30У1	52 × 102
2	Наголовный щиток с непрозрачным корпусом	ННО-Э-30У1	90 × 102
3	Ручной щиток с непрозрачным корпусом	РН-Э-30У1	52 × 102

Модификация	Наименование	Модель	Размеры светофильтра, мм
4	Наголовный щиток	ЩЭК-Э-301У1	52 × 102
5	Наголовный щиток, монтируемый на защитной каске, с открывающимся светофильтром и подвижной рамкой	НН-Э-302У1	52 × 102
6	Ручной щиток с непрозрачным корпусом	РНО-Э-302У1	90 × 102

Таблица П.23. Светофильтры для защиты глаз от излучения дуги (ГОСТ 12.4.253–2013)

Обозначение	Сила сварочного тока, А
С-3	15...30
С-4	30...60
С-5	50...150
С-6	150...275
С-7	275...350
С-8	350...600

Таблица П.24. Площадь сечения сварочных проводов в зависимости от силы сварочного тока

Допустимая сила тока, А	Площадь сечения проводов, мм <sup>2</sup>	
	одипарного	двойного
100	16	—
200	25	2 × 10
300	50	2 × 16
400	70	2 × 25
600	95	2 × 35
800	—	2 × 50
1 000	—	2 × 70

**Таблица П.25. Режимы сварки высоколегированных сталей в CO<sub>2</sub>**

Толщина металла, мм	Допустимый зазор между кройками, мм	Диаметр проволоки, мм	Расход CO <sub>2</sub> , л/мин	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Вылет электрода, мм
1,0	—	0,5	5	25...60	16...17	6...8
1,5	—	0,5...0,6	5...6	35...80	16...17	6...8
2,0	—	0,6...0,8	6...8	45...100	16...18	6...9
3,0	0,5	0,8...1,2	7...9	70...120	18...20	8...10
4,5	0,5	1,2...1,6	8...14	110...180	20...24	10...12
6...8	1,0	1,6...2,0	14...18	160...280	25...30	12...14
10	1,0	2,0	16...24	240...400	27...34	12...18

**Таблица П.26. Режимы полуавтоматической аргодуговой сварки плавящимся электродом алюминиевых сплавов**

Соединение	Толщина металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин	Число проходов
Встык, без разделки кромок	4...6	1,5...2	140...340	19...22	20...30	6...10	2
	8...10	1,5...2	220...300	22...25	15...25	8...10	2
	12	2	280...300	23...25	15...18	10...12	2

Окончание табл. П.26

Соединение	Толщина металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин	Число проходов
Встык, с V-образной разделкой кромок на подкладке	5 ... 8	1,5 ... 2	220 ... 280	21 ... 24	20 ... 25	8 ... 10	2 ... 3
	10 ... 12	2	260 ... 280	21 ... 25	15 ... 20	8 ... 12	3 ... 4
	12 ... 16	2	280 ... 360	24 ... 28	20 ... 25	10 ... 12	2 ... 4
Встык, с X-образной разделкой	20 ... 25	2	330 ... 360	26 ... 28	12 ... 15	12 ... 15	4 ... 8
	30 ... 60	2	330 ... 360	26 ... 28	12 ... 15	12 ... 15	10 ... 40
	4 ... 6	1,5 ... 2	200 ... 260	18 ... 22	20 ... 30	6 ... 10	1
Тавровое, угловое и нахлесточное	8 ... 16	2	270 ... 330	24 ... 26	20 ... 25	8 ... 12	2 ... 6
	20 ... 30	2	330 ... 360	26 ... 28	20 ... 25	12 ... 15	10 ... 40



**Таблица П.27. Режим аргонодуговой сварки магниевых сплавов плавящимся электродом**

Диаметр электродной проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, м/мин	Сварочный ток, А	Напряжение, В
1,2	20,3... 21,6	180... 200	24... 28
1,62	13,0... 14,2	220... 265	24... 28
2,4	8,13... 8,4	325... 350	24... 28
3,2	7,0... 7,62	420... 440	26... 30

**Таблица П.28. Режимы сварки стыковых соединений из титана плавящимся электродом в среде инертных газов без разделки кромок**

Толщина металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электродной проволоки, мм	Расход защитного газа, л/мин
3... 8	1,6	350... 450	22... 36	25... 40	20... 25	20... 40
10... 12	1,6... 2	440... 520	30... 40	20... 25	20... 28	35... 90
15	3	600... 650	30... 48	25... 30	25... 30	35... 100
16... 36	5	780... 1 200	34... 52	15... 25	40... 55	50... 120

**Таблица П.29. Подготовка кромок при аргонодуговой сварке титана неплавящимся электродом**

Стыковое соединение	Толщина металла, мм	Зазор, мм	Притупление, мм	Угол разделки, ...°
Без скоса кромок	До 4	До 0,5	—	—
С V-образной разделкой	4... 10	0,4... 1	1,5... 2	70... 90
С X-образной разделкой	10... 25	1... 2,5	1,5... 2	50... 70
С U-образной разделкой	Более 25	Более 2,5	1,5... 2	30

Таблица П.30. Баллоны для газов

Наименование	Емкость, л	Максимальное рабочее давление, МПа	Масса, кг	Размеры, мм
Аргоновый	40	19,6	60	219 × 1 755
	10	14,7	15	140 × 870
	5	14,7	8,6	140 × 460
Азотный	40	19,6	60	219 × 1 755
	10	14,7	15	140 × 870
	5	14,7	8,6	140 × 405
Гелиевый	40	19,6	60	219 × 1 755
	10	14,7	15	140 × 870
	5	14,7	8,6	140 × 405
Углекислотный	40	19,6	60	219 × 1 755
	10	3,50	15	140 × 870
	5	3,50	8,6	140 × 405

Таблица П.31. Редукторы баллонные

Модель	Газ	Давление на входе, МПа	Давление на выходе, МПа	Пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч	Размеры, мм	Масса, кг
БКО-50МГ	O <sub>2</sub> , Ar	20	1,25	50	220 × 145 × 120	1,0
БКО-50ДМ	O <sub>2</sub> , Ar	20	1,25	50	140 × 130 × 100	0,80
БКО-50-12,5	O <sub>2</sub> , Ar	20	1,25	50	155 × 120 × 155	0,75
БКО-50-4	O <sub>2</sub> , Ar	20	1,25	50	170 × 170 × 155	1,75
БКО-50-КР1	O <sub>2</sub> , Ar	20	1,25	50	156 × 142 × 138	1,20
БУО-25МГ	CO <sub>2</sub>	10	0,6	6	220 × 145 × 120	1,0
RCO-2	Ar, CO <sub>2</sub>	300	1,25	35	—	1,4

Таблица П.32. Регуляторы расхода газа

Модель	Газ	Давление на входе min...max, МПа	Давление предо- хранительного клапана, МПа	Пропускная спо- собность, м <sup>3</sup> /ч	Размеры, мм	Мас- са, кг
У-30	CO <sub>2</sub>	0,8...10	0,6...1,0	1,8	190 × 165 × 160	1,68
АР-40	Ar	0,8...20	0,6...1,0	2,4	190 × 165 × 160	1,8
АР-40-КР1	Ar	0,8...20	0,6...1,0	2,4	190 × 165 × 160	1,8
АР-30	N <sub>2</sub>	2,5...20	1,6...2,2	1,8	160 × 190 × 130	1,8
АР-30-КР1	N <sub>2</sub>	2,5...20	1,6...2,2	1,8	160 × 190 × 130	1,8
Г-70	He	1,5...20	1,2...1,6	4,2	190 × 165 × 160	1,8
FAR-1	Ar, CO <sub>2</sub>	—	—	0...0,84	—	0,25

Таблица П.33. Горелки для ручной аргодуговой сварки

Марка	Максималь- ный свароч- ный ток, А	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Габаритные раз- меры, мм	Масса, кг (без шлан- га)
ЭЗР-5-2	80	1; 1,5	270 × 120 × 18	0,18
ЭЗР-3-66	160	1,5; 2; 3	250 × 133 × 30	0,8
ЭЗР-4	500	4; 5; 6	235 × 140 × 120	0,7

Таблица П.34. Горелки для ручной аргонодуговой сварки

Модель	Ток, А, переменный/постоянный	Род сварочного тока	Диаметр электрода, мм	Охлаждение	Длина шлангов, м	Расход газа, л/мин	Масса, кг
ГАС-160	140/160	Постоянный/переменный	1,6...3	Воздушное	3	8...12	0,25
АГНИ-03М	160/200	То же	1,6...5	То же	3	8...12	0,23
АГНИ-12М	160/200	»	1,6...5	»	3	8...12	0,23
<b>Горелки для аргонодуговой сварки фирмы Bipzel</b>							
SRT-9	95/110	Постоянный/переменный	0,6...0,8	Воздушное	4	7...10	0,16
SRT-17V	125/140	То же	0,5...2,4	То же	4	7...15	0,2
SRT-24	95/110	»	0,5...1,6	»	4	7...10	0,18
SRT-26V	130/160	»	0,5...4	»	4	7...18	0,25
SR-26V	130/180	»	0,5...4	»	4	7...18	0,23
SRT-18	240/320	»	0,5...4	Вода	4	7...20	0,23
SRT-26	130/180	»	2	Воздушное	4	7...18	0,23
ABITIG-260W	240/170	»	1...3,2	Вода	4	7...20	0,23
ABITIG-450W	420/300	»	1,6...4,8	То же	4	7...20	0,25

**Таблица П.35. Выпрямители инверторного типа фирмы CELCO (Италия)**

Модель	Напряжение питания, В	Сварочный ток, А	Диаметр электрода, мм	Масса, кг	Размеры, мм
Genesis 140	220	5...140	3	2,5	111 × 280 × 195
Genesis 150	220	5...150	3	3,5	130 × 320 × 270
Genesis 1500	220	5...150	3	2,6	116 × 265 × 195
Genesis 1500 TLH	220	5...150	3	3,9	116 × 265 × 250
Genesis 302 AC/DC	3 × 380	5...300	6	32	275 × 620 × 500

**Таблица П.36. Выпрямители инверторного типа фирмы LINCOLN ELECTRIC (США)**

Модель	Напряжение питания, В	Сварочный ток, А	Размеры, мм	Масса, кг
Invertec V160	230/1/50-60	5...160	320 × 200 × 430	10,5
Invertec V205	230/1/50-60	5...200	385 × 215 × 480	15,1
Invertec V270	230/400/3/50-60	5...270	385 × 215 × 480	14,5
Invertec V405	400/3/50-60	5...400	500 × 270 × 610	31
Invertec V205-T AC/DC	115/230/1/50-60	6...200	385 × 215 × 480	18
Invertec V305-T AC/DC	400/3/50-60	5...300	500 × 275 × 610	33

**Таблица П.37. Установки для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом**

Параметр	Марка	
	УДГ-501	УДГ-301
Сварочный ток, А (при ПВ = 60 %)	500	315
Предел регулирования сварочного тока, А	40...500	15...315

Параметр	Марка	
	УДГ-501	УДГ-301
Диаметр электрода, мм	2... 10	0,8...6
Номинальная мощность, кВт · А	40	25
Размеры шкафа управления, мм	1 000 × 650 × 900	800 × 700 × 900

Таблица П.38. Ориентировочные режимы ручной дуговой сварки низколегированных сталей в нижнем положении

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
1...2	2	35... 45
	2,5	45...65
2...5	3	65...85
	4	80... 100
5...10	4	130... 150
	5	170... 200
	6	210... 240
Более 10	5	170... 200
	6	210... 240

Таблица П.39. Число слоев при ручной дуговой сварке стыковых и угловых швов

Толщина металла, мм	Число слоев при сварке швов	
	стыковых	угловых
1... 5	1	1
6	2	1
8	2...3	1
10	3... 4	2
12	4	2...3
14	4...5	3... 4
16	5...6	5
18...20	5...6	5...6

**Таблица П.40. Диаметр электрода и сила тока при сварке стыковых соединений тонколистовой стали**

Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
0,5	1	10...20
1	1,6...2	30...35
1,5	2	35...45
2	2,5	50...65
2,5	2,5...3	65...100

**Таблица П.41. Площадь поперечных сечений отдельных валиков при многопроходной сварке стыковых и угловых швов**

Положение шва в пространстве	Толщина стали, мм	Площадь поперечного сечения валика, мм <sup>2</sup>	
		Первый проход	Второй и последующий проходы
Нижнее	6...10	20...30	30...60
	12		40...60
Вертикальное	6...10	20...40	40...60
	12		40...70
Горизонтальное и потолочное	4...8	20...30	20...40
	10		30...40

**Таблица П.42. Ориентировочные режимы ручной дуговой сварки высоколегированных сталей**

Толщина металла, мм	Электрод		Сила сварочного тока, А, при положении сварки		
	Диаметр, мм	Длина, мм	нижнем	вертикальном	потолочном
Менее 2	2	222; 250	30...50	—	—
2,5...3	3	250	70...100	50...80	45...75
3...8	3...4	250; 350	85...140	75...130	65...120
8...12	4...5	350; 450	85...160	75...150	65...130

Таблица П.43 Режимы сварки наклонным электродом тавровых и угловых соединений низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Толщина металла, мм	Электрод		Режим сварки			Параметры шва		
	Диаметр, мм	Длина расплавленной части, мм	Сварочный ток, А	Угол наклона, °	Продолжительность горения дуги, с	Катет, мм	Максимальная длина, мм	Отношение длины шва к длине расплавленной части электрода
4...5	4	375	150...160	75	115	4	500	1,34
				85	115	4	540	1,44
				90	115	3,5	600	1,60
				95	110	3,0	640	1,62
5...6	5	375	210...230	75	130	6	500	1,34
				85	130	6	540	1,44
				90	125	5	590	1,60
				95	120	5,5	600	1,62
5...8	5	525	210...230	75	170	6	720	1,34
				85	165	5	790	1,44
				90	165	5	810	1,60
				95	160	5	820	1,62
6...8	6	525	240...300	75	175	7	670	1,34
				85	170	6,5	780	1,44
				90	170	6	815	1,60
				95	160	6	830	1,62



**Таблица П.44. Режимы сварки чугуна электродами без подогрева**

Марка электрода	Рекомендуемые значения силы тока, А, при диаметре электрода, мм				Коэффициент наплавки, г/(А·ч)	Расход электродов на 1 кг наплавленного металла
	3	4	5	6		
ЦЧ-4	65...80	90...120	130...150	—	9...11	1,8
ОЗЧ-2	90...110	120...140	160...190	220...250	13...14	1,7
ОЗЖН-1	100...120	130...150	160...180	—	10...12	1,4
МНЧ-2	90...110	120...140	160...190	210...230	11...12	1,5

**Таблица П.45. Подготовка кромок при сварке встык никеля и его сплавов покрытыми электродами**

Толщина металла, мм	Соединение	Притупление кромки, мм	Зазор, мм
2...4	Без разделки кромок, с V-образной разделкой под углом 60...70°	—	1...2
4...6		0,5...1	1,5...2
6...12		1,5...2	1,5...3
8...12	С X-образной двусторонней разделкой под углом 60...70°	1,5...2,5	1,5...3
12...20		2...3	2...4

**Таблица П.46. Режимы сварки самозащитными порошковыми проволоками ПП-АНВ1, ПП-АНВ2, ПП-АНВ3**

Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Вылет проволоки, мм
2,6	160...380	24...29	20...25
3	280...400	26...30	25...30

**Примечание.** Положение сварки нижнее. Недопустима сварка неочищенных кромок и кромок, обработанных газовой или плазменной резкой. Проволоку перед сваркой просушить при 230...250 °С в течение 3 ч.

## Список литературы

- Карпицкий В. Р.* Общий курс слесарного дела : учеб. пособие / В. Р. Карпицкий. — Минск : Новое знание, 2006.
- Овчинников В. В.* Технология газовой сварки и резки металлов / В. В. Овчинников. — М. : Издательский центр «Академия», 2017.
- Овчинников В. В.* Технология электросварочных и газосварочных работ / В. В. Овчинников. — М. : Издательский центр «Академия», 2018.
- Овчинников В. В.* Расчет и проектирование сварных конструкций / В. В. Овчинников. — М. : Издательский центр «Академия», 2017.
- Овчинников В. В.* Современные виды сварки / В. В. Овчинников. — М. : Издательский центр «Академия», 2014.
- Овчинников В. В.* Производство сварных конструкций / В. В. Овчинников. — М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2015.
- Покровский Б. С.* Слесарное дело / Б. С. Покровский, В. А. Скакун. — М. : Издательский центр «Академия», 2011.
- Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / [А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков и др.] ; под ред. А. И. Акулова. — М. : Машиностроение, 2003.
- Чернышов Г. Г.* Сварочное дело: Сварка и резка металлов / Г. Г. Чернышов. — М. : Издательский центр «Академия», 2015.

# Оглавление

Предисловие.....	4
<b>Глава 1. Подготовка поверхности металла под сварку.....</b>	<b>5</b>
1.1. Организация рабочего места слесаря.....	5
1.2. Требования безопасности труда при подготовке металла к сварке.....	13
1.3. Основные виды слесарных операций при подготовке металла к сварке.....	16
<b>Глава 2. Сварные швы и соединения.....</b>	<b>50</b>
2.1. Классификация сварных соединений и сварных швов.....	50
2.2. Типы сварных швов.....	59
2.3. Основные геометрические параметры сварных швов.....	69
2.4. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.....	72
<b>Глава 3. Сборочно-сварочные приспособления.....</b>	<b>76</b>
3.1. Способы сборки деталей под сварку.....	76
3.2. Сборочно-сварочные приспособления и их элементы.....	82
3.3. Переносные сборочные приспособления.....	94
3.4. Приспособления для сборки типовых сварных конструкций.....	99
3.5. Универсально-сборные приспособления.....	108
<b>Глава 4. Приемы сборки изделий под сварку.....</b>	<b>112</b>
4.1. Сборка пластин в нижнем положении сварного шва.....	112
4.2. Сборка в наклонном, вертикальном и горизонтальном положениях шва.....	116
4.3. Сварочные прихватки.....	125
4.4. Контроль собранных под сварку изделий.....	126
<b>Глава 5. Дефекты сварных соединений.....</b>	<b>128</b>
5.1. Классификация дефектов сварных соединений.....	128
5.2. Напряжения и деформации деталей при сварке.....	148

5.3. Влияние дефектов сварки на работоспособность конструкции .....	151
5.4. Устранение дефектов дуговой сварки.....	152
<b>Приложение. Характеристики материалов и сварочного оборудования, применяемого при изготовлении сварных конструкций различного назначения .....</b>	<b>156</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>190</b>

*Учебное издание*

**Овчинников Виктор Васильевич**

**Подготовительные и сборочные операции перед сваркой**

**Учебник**

3-е издание, стереотипное

Редактор *В. А. Савосик*

Компьютерная верстка: *Р. Ю. Волкова*

Корректор *С. А. Передкова*

Изд. № 103119248. Подписано в печать 08.04.2019. Формат 60 × 90/16.  
Гарнитура «Балтика». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,0.  
Тираж 2000 экз. Заказ № 6187.

ООО «Издательский центр «Академия». [www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)

129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.

Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Сертификат соответствия № РОСС RU.АД77.Н02114 от 31.05.2018.

Отпечатано с электронных носителей издательства.

ОАО «Тверской полиграфический комбинат», 170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5.

Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34. Телефон/факс: (4822) 44-42-15.

Home page — [www.tverpk.ru](http://www.tverpk.ru) Электронная почта (E-mail) — [sales@tverpk.ru](mailto:sales@tverpk.ru)

# ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ И СБОРОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ ПЕРЕД СВАРКОЙ

ISBN 978-5-4468-8120-8



Издательский центр «Академия»  
[www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)